



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA – UESB
PRO-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

**EFEITO DA LIOFILIZAÇÃO E DESIDRATAÇÃO EM LEITO DE ESPUMA SOBRE
A QUALIDADE DO PÓ DE POLPA DE CUPUAÇU (*Theobroma grandiflorum*)**

VINÍCIUS CARVALHO SOUZA

**ITAPETINGA – BAHIA - BRASIL
2011**

VINÍCIUS CARVALHO SOUZA

**EFEITO DA LIOFILIZAÇÃO E DESIDRATAÇÃO EM LEITO DE ESPUMA SOBRE
A QUALIDADE DO PÓ DE POLPA DE CUPUAÇU (*Theobroma grandiflorum*)**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, área de concentração em Engenharia de Processos de Alimentos, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador: Prof. D.Sc. Modesto Antonio Chaves

Co-Orientadora: Prof^a. D.Sc. Renata Cristina Ferreira Bonomo

**ITAPETINGA – BAHIA - BRASIL
2011**

<p>634.7 S719e</p>	<p>Souza, Vinicius Carvalho.</p> <p>Efeito da liofilização e desidratação em leito de espuma sobre a qualidade do pó de polpa de cupuaçu (<i>theobroma grandiflorum</i>) / Vinicius Carvalho Souza. – Itapetinga: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2011. 67 fl..</p> <p>Dissertação do Programa de Pós-Graduação “<i>Strictu Senso</i>” do Curso de Especialização em Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Sob a orientação do Prof. D. Sc. Modesto Antonio Chaves e co-orientação da Prof^a. D. Sc Renata Cristina Ferreira Bonomo.</p> <p>1. Cupuaçu – Desidratação – Polpa – Leito de espuma. 2. Polpa de cupuaçu – Qualidade – Liofilização. 3. Frutas tropicais – Secagem – Leito de espuma. I. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos. II. Chaves, Modesto Antonio. III. Bonomo, Renata Cristina Ferreira IV. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDD(21): 634.7</p>
------------------------	---

Catalogação na Fonte:

Cláudia Aparecida de Souza – CRB 1014-5ª Região
Bibliotecária – UESB – Campus de Itapetinga-BA

Índice Sistemático para desdobramentos por assunto:

1. Cupuaçu : Polpa : Desidratação : Leito de espuma : Liofilização
2. Frutas tropicais : Secagem : Liofilização : Leito de Espuma
3. Polpa de cupuaçu : Análise físico-química : Análise sensorial



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA – UESB
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS



Área de Concentração: Engenharia de Processos de Alimentos

Campus de Itapetinga-BA

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

Título: “EFEITO DA LIOFILIZAÇÃO E DESIDRATAÇÃO EM LEITO DE ESPUMA SOBRE A QUALIDADE DE PÓ DE POLPA DE CUPUAÇU (*Theobroma grandflorum*)”.

Autor: VINICIUS CARVALHO SOUZA

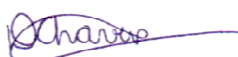
Orientador: Prof. Dr. Modesto Antonio Chaves

Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Renata Cristina Ferreira Bonomo

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: ENGENHARIA DE PROCESSOS DE ALIMENTOS, pela Banca Examinadora.


Prof. Dr. Modesto Antonio Chaves, DSc., UESB


Prof. Dr. Marcelo Franco, DSc., UESB


Dr^a. Daniela Vieira Chaves, DSc.

Data da Realização: 21 de julho de 2011.

AGRADECIMENTOS

A Deus por iluminar meus caminhos e pela presença constante em minha vida.

A toda minha família, especialmente aos meus pais Cival e Linda e aos meus irmãos Alan e Lílian, por todo o apoio e motivação.

A minha amada noiva Maíra pelo carinho e incentivo, principalmente nos momentos mais difíceis, e pela paciência.

Ao professor D.Sc. Modesto Antônio Chaves, pela orientação, pelos valiosos conhecimentos compartilhados e pela amizade.

A professora D.Sc. Renata Cristina Ferreira Bonomo pela co-orientação e pela indispensável contribuição para este trabalho.

A todos os professores do Mestrado pelos valiosos ensinamentos e pela amizade.

Ao professor Célio Kersul por nos fornecer a polpa utilizada no experimento.

A professora Maria Helena Míguez pela contribuição.

A todos os colegas de mestrado pelos bons momentos que passamos juntos, em especial a Lucas, Graziella, Márcio, Cristina e Isadora pela amizade e companheirismo.

Aos funcionários e amigos Leonardo, Barbara, Quésia, José, Raimundo e Aristides que me ajudaram sempre que precisei.

E a todos que de alguma forma me ajudaram na realização deste trabalho.

Meus sinceros agradecimentos!!!

RESUMO

SOUZA, V. C. Efeito da liofilização e desidratação em leite de espuma sobre a qualidade do pó de polpa de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*). Itapetinga – BA: UESB, 2011. (Dissertação – Mestrado em Engenharia de Alimentos) ⁽¹⁾.

O cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) é um fruto típico da região Amazônica que possui excelentes características de aroma, sabor e textura, sendo bastante utilizado na produção de sucos, sorvetes, doces e outros. Sendo a desidratação uma alternativa para a conservação pós-colheita de frutas, objetivou-se neste trabalho avaliar a qualidade da polpa de cupuaçu em pó obtida por desidratação em leite de espuma e por liofilização. Visando definir qual o aditivo e a concentração mais adequada para produzir espuma de polpa de cupuaçu para a desidratação em leite de espuma, foram testados albumina, Emustab®, Super Liga Neutra® e maltodextrina nas concentrações de 2,5, 5,0, 7,5 e 10,0% em um esquema fatorial 4x4 no delineamento inteiramente casualizado com três repetições. A qualidade dos pós de polpa de cupuaçu, foi avaliada através de análises físico-químicas (umidade, sólidos solúveis totais (SST), pH, acidez total titulável (ATT), atividade de água (Aa), proteína, lipídio, açúcares redutores e não-redutores e vitamina C), físicas (difração de raio X e tamanho de partícula) e sensorial (teste de aceitação). Também foi feito um estudo da influência da luz e do vácuo no teor de vitamina C, umidade e Aa dos pós durante o armazenamento. O Emustab® foi o único aditivo que produziu espuma adequada à desidratação em leite de espuma, reduzindo a densidade em cerca de 50%, mesmo na concentração mais baixa (2,5%). As análises físico-químicas mostraram que, tanto a liofilização quanto a desidratação em leite de espuma, produziram pós com boa qualidade nutricional, apresentando, respectivamente, teores de proteína de 6,66 e 6,20%, lipídios 2,99 e 3,53%, umidade 7,35 e 5,95%, açúcares redutores 15,31 e 14,38% e não-redutores 29,24 e 30,44%, SST 55,83 e 55,17° Brix, pH 3,36 e 3,34, ATT 13,92 e 13,47% em ácido cítrico, Aa 0,414 e 0,278, vitamina C 119,51 e 92,72 mg/100g, coordenada de cor L* 90,04 e 87,10, a* -0,34 e 1,42 e b* 18,74 e 21,34. A difração de raio-X revelou pós com estrutura amorfa. O diâmetro equivalente médio das partículas foi de 37,117 µm para a liofilização e de 35,063 µm para a desidratação em leite de espuma. O teste sensorial de aceitação mostrou que o pó obtido por liofilização teve melhor aceitação, com média de notas para os atributos aroma, sabor e consistência em torno de 6,0, e para o obtido por desidratação em leite de espuma a média foi de 4,4. Durante o armazenamento, a exposição à luz contribuiu de forma mais intensa para a degradação da vitamina C, com perdas de 13,17 a 47,90% após 40 dias de armazenamento. A Aa aumentou 20,4% no pó obtido por liofilização, chegando a 0,510, e no desidratado em leite de espuma aumentou 67,23%, chegando a 0,465. A umidade aumentou em todos os tratamentos, sendo que esse aumento foi maior no pós embalados sem vácuo. Diante dos resultados obtidos conclui-se que a liofilização é o método mais adequado para produzir polpa de cupuaçu em pó.

Palavras-chave: fruta, secagem, pó, caracterização físico-química, análise sensorial, armazenamento.

¹ Orientador: Modesto Antonio Chaves, D.Sc. UESB, Itapetinga - BA.

Co-Orientadora: Renata Cristina Ferreira Bonomo, D.Sc., UESB, Itapetinga – BA.

ABSTRACT

Cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) is a typical fruit from the Amazon region which has excellent aromatic characteristics, flavor and texture. It has been extensively used in the manufacturing of juices, ice creams, sweets and others. As dehydration is an alternative to post-harvest preservation of fruits, this study aimed to evaluate the quality of the cupuaçu pulp in powder obtained by a foam-mat drying and a freeze-drying process. To define what the most appropriate additive concentration to produce the cupuaçu pulp foam for foam-mat drying, it was tested albumin, Emustab®, Super Liga Neutra® and maltodextrin at concentrations of 2.5, 5.0, 7.5 and 10.0% in a 4x4 factorial scheme in a completely randomized design with three replications. The cupuaçu pulp powders quality it was evaluated by physical-chemical analysis (moisture, total soluble solids (TSS), pH, total titratable acidity (TTA), water activity (Aw), protein, lipids, reducing sugars and non-reducing sugars and vitamin C), physical analysis (X-ray diffraction and particle size) and sensory analysis (acceptance test). A study was also made to determine the influence of light and the vacuum on the levels of vitamin C, moisture and Aw of the powders during storage. The Emustab® was the only additive that produced suitable foam for the foam-mat drying, reducing the density by about 50% even at lower concentrations (2.5%). The physical-chemical analysis showed that both foam-mat drying and freeze-drying are suitable for the powders production with good nutritional quality presenting, respectively, protein levels of 6.66 and 6.20%, lipids 2.99 and 3.53%, moisture 7.35 and 5.95%, reducing sugars of 15.31 and 14.38%, non-reducing sugars of 29.24 and 30.44%, TSS of 55.83 and 55.17° Brix, pH of 3.36 and 3.34, TTA of 13.92 and 13.47% in citric acid, Aw of 0.414 and 0.278, vitamin C of 119.51 and 92.72 mg/100g, colour coordinated L* of 90.04 and 87.10, a* -0.34 and 1.42 and b* 18.74 and 21.34. The X-ray diffraction revealed powders with amorphous structure. The average equivalent diameter of the particles was 37.117 µm for the freeze-drying method and 35.063 µm for the foam-mat drying method. The sensory acceptance test showed that the powder obtained by freeze-drying was more accepted, with average scores for the attributes aroma, flavor and consistency around 6.0, and the powder obtained by foam-mat drying, the average was 4.4. During storage, light exposure contributed more heavily to the degradation of vitamin C, with losses from 13.17 to 47.90% after 40 days of storage. The Aw increased 20.4% for the freeze-dried powder, reaching 0.510, and increased 67.23% for the foam-mat drying powder, reaching 0.465. There was a lower increase in moisture in the powder that was vacuum packed than that which wasn't, with average values of 6.50 and 7.70% for the freeze-dried, and of 6.90 and 7.30% for the powder dried using the foam-mat drying method. The moisture increased in all treatments, and this increase was higher in the powder packed without vacuum. Considering the obtained results it conclude that freeze-drying is the most appropriate method to produce cupuaçu pulp in powder.

Keywords: fruit, drying, powder, physical-chemical characterization, sensory analysis, storage.

Adivisor: Modesto Antonio Chaves, D.Sc. UESB, Itapetinga - BA.

Co-advvisor: Renata Cristina Ferreira Bonomo, D.Sc., UESB, Itapetinga – BA.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características físico-químicas da popa de cupuaçu _____	16
Tabela 2. Tratamentos usados no estudo da estabilidade dos pós de polpa de cupuaçu _____	34
Tabela 3. Valores médios e correspondentes desvios padrão das características físico-químicas da polpa de cupuaçu <i>in natura</i> _____	35
Tabela 4. Parâmetros da análise de regressão para a densidade da polpa de cupuaçu em função da concentração dos aditivos _____	39
Tabela 5. Parâmetros da análise de regressão para SST da polpa de cupuaçu em função da concentração dos aditivos _____	42
Tabela 6. Parâmetros da análise de regressão para a ATT da polpa de cupuaçu em função da concentração dos aditivos _____	44
Tabela 7. Parâmetros da análise de regressão para a coordenada L* da cor da polpa de cupuaçu em função da concentração dos aditivos _____	46
Tabela 8. Parâmetros da análise de regressão para a coordenada a* da cor da polpa de cupuaçu em função da concentração dos aditivos _____	47
Tabela 9. Valores médios das características físico-químicas da polpa de cupuaçu desidratada em leite de espuma e liofilizada _____	51
Tabela 10. Médias das notas do teste afetivo de aceitação por escala hedônica dos sucos preparados com polpa de cupuaçu liofilizada e desidratada em leite de espuma _____	56
Tabela 11. Parâmetros da análise de regressão da vitamina C em função do tempo de armazenamento dos pós de polpa de cupuaçu, em diferentes embalagens _____	61
Tabela 12. Parâmetros da análise de regressão da Aa em função do tempo de armazenamento dos pós de polpa de cupuaçu, em diferentes embalagens _____	63
Tabela 13. Parâmetros da análise de regressão da umidade em função do tempo de armazenamento dos pós de polpa de cupuaçu, em diferentes embalagens _____	66

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fluxograma da produção das espumas _____	27
Figura 2. Secador usado no experimento _____	29
Figura 3. Ficha utilizada na avaliação sensorial _____	33
Figura 4. Densidade da polpa de cupuaçu em função dos aditivos e da concentração _____	38
Figura 5. Sólidos solúveis totais da polpa de cupuaçu em função dos aditivos e da concentração _____	41
Figura 6. pH da polpa de cupuaçu em função dos aditivos e da concentração ____	43
Figura 7. Acidez total titulável da polpa de cupuaçu em função dos aditivos e da concentração _____	44
Figura 8. Coordenada L* da cor da polpa de cupuaçu em função dos aditivos e da concentração _____	45
Figura 9. Coordenada a* da cor da polpa de cupuaçu em função dos aditivos e da concentração _____	46
Figura 10. Coordenda b* da cor da polpa de cupuaçu em função dos aditivos e da concentração _____	48
Figura 11. Difrátogramas dos pós de polpa de cupuaçu: (A) liofilizada; (B) desidratada em leite de espuma _____	53
Figura 12. Distribuição de tamanho de partícula do pó de polpa de cupuaçu: (A) liofilizada; (B) desidratada em leite de espuma _____	55
Figura 13. Histogramas de frequência das notas para os atributos: (A) aroma; (B) sabor; (C) consistência _____	57
Figura 14. Teor de vitamina C dos pós de polpa de cupuaçu em função do tempo de armazenamento e do tipo de embalagem: (A) Polpa liofilizada; (B) Polpa desidratada em leite de espuma _____	59
Figura 15. Atividade de água da polpa de cupuaçu liofilizada e desidratada em leite de espuma em função do tempo de armazenamento e do tipo de embalagem _____	62
Figura 16. Teor de umidade dos pós de polpa de cupuaçu em função do tempo de armazenamento e do tipo de embalagem: (A) Polpa liofilizada; (B) Polpa desidratada em leite de espuma _____	65

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS	13
2.1. Objetivo geral	13
2.2. Objetivos específicos	13
3. REVISÃO DE LITERATURA	14
3.1 Cupuaçu	14
3.2 Desidratação	17
3.2.1 Secagem em leite de espuma	18
3.2.2 Liofilização	21
4. MATERIAIS E MÉTODOS	23
4.1. Matéria prima	23
4.2. Caracterização físico-química da polpa de cupuaçu	23
4.2.1. Umidade (U_{bu})	23
4.2.2. pH	23
4.2.3. Acidez total titulável (ATT)	24
4.2.4. Sólidos solúveis totais (SST)	24
4.2.5. Açúcares redutores e não-redutores	24
4.2.6. Proteína	25
4.2.7. Lipídios	25
4.2.8. Atividade de Água (Aa)	25
4.2.9. Cor	25
4.2.10. Densidade	26
4.2.11. Vitamina C	26
4.3. Produção das espumas	26
4.4. Caracterização das espumas	27
4.5. Secagem em leite de espuma	28
4.6. Liofilização	29
4.7. Caracterização dos pós	30
4.7.1. Difração de raios-X (DRX)	31
4.7.2. Tamanho das partículas dos pós	31
4.8. Análise sensorial	32

4.9. Estabilidade da polpa de cupuaçu em pó durante o armazenamento	33
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
5.1. Caracterização da polpa de cupuaçu	35
5.2. Caracterização das espumas de polpa de cupuaçu	38
5.2.1. Densidade	38
5.2.2. Sólidos solúveis totais (SST)	40
5.2.3. pH	42
5.2.4. Acidez total titulável (ATT)	43
5.2.5. Cor	45
5.2.5.1. Coordenada L*	45
5.2.5.2. Coordenada a*	46
5.2.5.3. Coordenada b*	47
5.2.6. Estabilidade	48
5.3. Caracterização dos pós de polpa de cupuaçu	49
5.3.1. Difração de raios-X (DRX)	53
5.3.2. Distribuição de tamanho das partículas dos pós	55
5.4. Análise sensorial	56
5.5. Estabilidade dos pós durante o armazenamento	58
5.5.1 Vitamina C	58
5.5.2 Atividade de água (Aa)	61
5.5.3 Umidade (%bu)	63
6. CONCLUSÕES	67
7. SUGESTÕES	68
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69

1. INTRODUÇÃO

O cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) é uma árvore frutífera típica da região Amazônica, encontrada em estado silvestre nos estados do Pará e Maranhão, onde também estão as maiores áreas cultivadas do país. Em 1930, foi introduzido na região sul da Bahia onde a produtividade é maior que em sua região de origem.

O cupuaçu, que pertence ao mesmo gênero do cacau (*Theobroma cacao*), possui alto valor nutricional e excelentes características de aroma, sabor e textura, sendo bastante utilizado na produção de sucos, sorvetes, doces, iogurtes e em produtos de confeitaria. Esse fruto tem adquirido grande aceitação no mercado nacional e internacional, sendo considerada uma das melhores e mais promissoras frutas da Amazônia. No entanto, o cupuaçu, assim como a maioria das frutas, é altamente perecível, dificultando sua comercialização e aumentando as perdas pós-colheita.

Dentre as técnicas empregadas para a manutenção da qualidade pós-colheita de frutas, a desidratação, além de ser utilizada como método de conservação reduzindo a deterioração e perdas do valor comercial, resulta ainda em uma nova opção no mercado, a fruta desidratada, que é um produto de alto valor agregado. No entanto, os métodos mais comuns para desidratação de frutas, como a desidratação por fluxo de ar quente, envolvem temperaturas consideravelmente altas por longos períodos, causando perdas de nutrientes e modificações significativas na estrutura, cor e sabor.

Nas últimas décadas, muitos estudos foram realizados em relação à desidratação de polpa de frutas, voltados principalmente no sentido de aumentar a retenção das propriedades nutritivas e sensoriais do produto desidratado mediante alterações dos processos já existentes ou aplicação de novas técnicas. Dentre elas destacam-se a desidratação em leito de espuma e a liofilização.

A desidratação em leito de espuma (foam-mat drying) consiste em um processo de conservação, onde o material líquido ou semi-líquido é adicionado a agentes espumantes e batido até transformar-se numa espuma estável, que é distribuída em camadas finas e submetida à secagem com ar aquecido até um teor de umidade que impeça o crescimento de microrganismos, reações químicas e/ou enzimáticas. Esse método é relativamente simples e barato, e se vale da utilização

de agentes, que tem a finalidade de manter a espuma estável durante o processo. Sendo a qualidade do produto final diretamente dependente do agente espumante e da concentração utilizada.

Dentre as vantagens da desidratação em leito de espuma, destacam-se as menores temperaturas de desidratação e o menor tempo, devido à maior área de superfície exposta ao ar, favorecendo o processo de remoção de água e a obtenção de um produto poroso facilmente transformado em pó, de fácil reidratação e com as características naturais preservadas. Por isso esta técnica é aplicada em muitos alimentos sensíveis ao calor, como os sucos de frutas.

A liofilização é uma técnica de desidratação onde o alimento congelado é submetido a baixa pressão, removendo a água por sublimação. Por meio dessa técnica obtêm-se produtos desidratados de alta qualidade, comparados com produtos obtidos por outros processos. Tal fato é explicado pela baixa temperatura em que todo o processo é conduzido, o que reduz significativamente a redução do volume, as perdas de voláteis, as ações enzimáticas e a decomposição térmica de nutrientes, preservando muitas características do alimento fresco. A liofilização, sem dúvida, é um dos métodos de desidratação mais eficientes e eficazes, porém, o seu elevado custo dificulta sua utilização na indústria de alimentos.

A obtenção de polpa de fruta desidratada com qualidade implica um melhor conhecimento das propriedades do fruto antes, durante e após a desidratação. Por outro lado, sente-se cada vez mais a necessidade de substituir os métodos empíricos tradicionalmente usados por outros mais modernos, baseados em dados objetivos resultantes de estudos experimentais, já que só desta forma os produtos obtidos poderão se tornar mais competitivos.

Assim, as técnicas de liofilização e desidratação em leito de espuma podem ser empregadas na produção de polpa de cupuaçu desidratada, resultando em um produto de qualidade superior aos obtidos por outras técnicas como a secagem convectiva.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Avaliar a qualidade do pó de polpa de cupuaçu obtido por desidratação em leite de espuma e por liofilização.

2.2. Objetivos específicos

- Caracterizar espumas de polpa de cupuaçu obtidas com a adição de albumina, Emustab®, Super Liga Neutra® e maltodextrina nas concentrações de 2,5, 5,0, 7,5 e 10,0% em massa, visando definir qual o melhor agente espumante e sua concentração mais adequada para a desidratação em leite de espuma;

- Produzir e avaliar a qualidade do pó de polpa de cupuaçu, obtido por desidratação em leite de espuma e por liofilização, por meio de análises físico-químicas, físicas e sensorial;

- Estudar a influência da luz e do uso de vácuo na estabilidade do pó de polpa de cupuaçu durante o armazenamento.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Cupuaçu

A cultura do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) estar disseminada por toda a bacia Amazônica, onde é encontrado em estado silvestre nas florestas tropicais úmidas de terra firme nas regiões sul e sudoeste do Pará e no noroeste do Maranhão. Esse fruto também é cultivado em outras regiões do país como nos estados da Bahia, Mato Grosso, São Paulo, Rio de Janeiro e em outros países como Colômbia, Venezuela, Equador, Costa Rica, Guiana, São Tomé e Gana (ANDRADE, 2004; IBGE, 2006; MARTINS, 2008).

De acordo com os dados do Censo Agropecuário de 2006 - IBGE, o Brasil colheu 3.026 toneladas de frutos, sendo a região Norte responsável por 90% (2.786 toneladas) da produção. O estado do Pará, principal produtor, colheu 1.793 t, o que representa quase 60% da produção do país, seguido pelo estado do Amazonas com 779 t e em terceiro lugar a Bahia com 205 toneladas de cupuaçu colhidas, que representa quase 90% da produção da região Nordeste.

No sul da Bahia, onde foi introduzido em 1930, a área cultivada é de aproximadamente 1.200 ha, sendo mais da metade em desenvolvimento, com uma produção de polpa estimada em 300 toneladas (FRAIFE, 2010). Os principais produtores do estado são os municípios de Ilhéus, Camamu, Ituberá, Nilo Peçanha, Taperoá, Valença e Una. O cupuaçuzeiro está bem adaptado às condições climáticas do Sul da Bahia apresentando produção média superior a 80 frutos/planta/ano, mais elevada que as médias da Amazônia brasileira que, em plantios bem conduzidos, adubados e com mais de dez anos, se consegue produções entre 60 e 70 frutos/planta/ano (LOPES, 2000).

A espécie *Theobroma grandiflorum* ocupa o segundo lugar do gênero em relação ao potencial econômico, antecedido do cacau (*Theobroma cacao*). Sendo considerada uma importante fonte de renda para as famílias da Amazônia, esse fruto exótico apresenta excelentes características de aroma, sabor e textura, tendo adquirido grande aceitação no mercado nacional e internacional (VILALBA, 2003; MARCHESE, 2002).

De sua polpa podem ser elaborados sorvetes, sucos, compotas, geléias, licores, iogurtes, cremes, pudins, bolos, bombons e diversos outros produtos. De suas gordurosas sementes é possível extrair uma pasta semelhante àquela com que se produz o chocolate e a manteiga de cacau, a partir da qual é feito o cupulate, que é o chocolate feito a partir da semente do cupuaçu, que possui cor, aroma e sabor similares aos do chocolate, além de apresentar vantagens como o menor preço e a presença de substâncias como a teobromina, uma substância estimulante mais saudável do que a cafeína (SETEC, 2007).

O fruto do cupuaçu é do tipo drupáceo (que tem bagas), o epicarpo (casca) é rígido, lenhoso e com epiderme clorofilada recoberta por um pó ferruginoso que se solta facilmente com o manuseio. A sua forma varia de valada ou levemente elíptica (CARVALHO, 2004). Segundo Vilalba (2003), os frutos pesam em média 1,275 kg, sendo 38,5% de polpa, 17,19% de sementes, 43% de casca e 2,85% de placenta.

Segundo Calzavara (1984) citado por Carvalho (2004), os frutos são classificados em função de suas características morfológicas da seguinte forma:

Cupuaçu redondo: fruto de extremidades arredondadas e peso médio de 1,5 kg, com a casca em torno de 6 a 7 mm de espessura. Esta é a variedade mais comum da região Amazônica;

Cupuaçu casca fina: semelhante ao redondo, porém com casca de 4 a 5 mm de espessura, com formato cilíndrico levemente anguloso nas laterais;

Cupuaçu mamorana: Chegando a pesar até 4 kg, apresentando uma casca grossa que varia de 7 a 9 mm de espessura, com sementes grandes;

Cupuaçu de colares: Peso levemente superior ao grupo redondo com casca que varia de 6 a 7 mm de espessura, sem angulação nas laterais;

Cupuaçu mamau: Os frutos não apresentam sementes, a casca tem uma espessura que varia de 6 a 7 mm e o formato é semelhante ao do cupuaçu redondo, com peso médio de 1,5 kg.

A polpa do cupuaçu, de coloração amarela-clara, é ácida e fibrosa, possui um intenso e agradável aroma, além de alto valor nutricional, o que o torna muito apreciado, resultando daí seu grande potencial econômico. A Tabela 1 apresenta as características físico-químicas da polpa de cupuaçu de acordo com alguns autores, onde é notada a presença de vitamina C e de minerais como o fósforo e potássio.

Tabela 1. Características físico-químicas da popa de cupuaçu.

Parâmetros	Araujo (2007)	Matos (2007)	TACO (2006)	Villachica (1996)
Proteína (%)	1,71	1,13	1,20	-
Lipídios (%)	0,63	0,18	1,00	0,53
Umidade (%bu)	87,1	84,28	86,2	89,00
SST (° Brix)	13,60	13,61	-	11,00
AR (% glicose)	3,70	-	-	3,00
ANR (% sacarose)	4,6	4,8	-	-
AT (%)	8,3	-	10,4	-
pH	3,58	3,02	-	-
ATT (% ácido cítrico)	2,70	3,11	-	-
Vitamina C (mg/100g)	-	-	24,50	23,10
Atividade de água	0,96	-	-	-
Cinzas (%)	0,82	1,45	1,20	-
Potássio (mg/100g)	-	310,78	331,00	-
Fósforo (mg/100g)	-	14,46	21,0	-

Onde: SST= Sólidos solúveis totais, AR= Açúcar redutor, ANR= Açúcar não-redutor, AT= Açúcares totais, ATT= Acidez total titulável.

A alta perecibilidade em conjunto com a dificuldade na estocagem durante os picos de processamento industrial do cupuaçu colaboram para as perdas pós-colheita. Outro problema enfrentado pelos produtores é o baixo rendimento na extração da polpa, que é realizada manualmente utilizando instrumentos como tesouras, facas ou colheres de uso doméstico. Esse processo artesanal está sendo substituído por despulpadeiras mecânicas, proporcionando maior produtividade e melhoria dos padrões de qualidade do produto final, especialmente no quesito higiene (DAL RI, 2006).

No Brasil, a principal forma de comercialização do cupuaçu é como polpa pasteurizada/congelada, em embalagens de polietileno de 200 g e 1 kg, e em tambores de 200 L. As duas primeiras formas são utilizadas para a comercialização local e a última, quando o produto é comercializado para fora das fronteiras do país. No entanto, para difundir esse fruto para os demais estados e até países, são necessárias técnicas mais adequadas que mantenha a qualidade do produto e aumente a sua vida de prateleira. Com este intuito, o cupuaçu está sendo submetido

a processos de desidratação, obtendo-se produtos desidratados, em condições adequadas de armazenamento (SILVA, 2008).

3.2 Desidratação

Uma das técnicas mais antigas de preservação de alimentos utilizadas pelo homem é a remoção da umidade dos alimentos através do processo de desidratação. Em 1795, foi criada, na França, a primeira máquina de desidratar frutas e vegetais por meios não naturais, mas sabe-se que os primeiros grandes impulsos ao desenvolvimento da indústria de alimentos desidratados ocorreram durante as Grandes Guerras Mundiais, em razão da necessidade de alimentação para as tropas americanas na Europa. A partir daí, a desidratação de alimentos passou a ser estudada e interpretada como tecnologia possibilitando a obtenção de produtos de alta qualidade e excelente conservação (MELLONI, 2003).

Em relação às frutas, a conservação se dá através da redução do conteúdo de água até que a concentração dos sólidos naturais seja elevada o suficiente para diminuir a atividade de água, inibindo o desenvolvimento de microrganismos e as reações bioquímicas de deterioração. Com isso, o produto terá vida de prateleira consideravelmente maior, sem a necessidade de refrigeração (TRAVAGLINI, 1993). Além disso, os alimentos desidratados possuem volume e peso bem menores que as frutas *in natura*, o que representa custos menores com acondicionamento, armazenagem e transporte. Em alguns casos, a desidratação apresenta a vantagem adicional de colocar ao alcance do consumidor uma maior variedade de produtos alimentícios que podem ser disponibilizados fora da safra, como é o caso das frutas secas, que é um produto com alto valor agregado (PARK *et al.*, 2002).

No entanto, o processo de desidratação também pode afetar prejudicialmente a estrutura do alimento, causando alteração na cor, como as reações de escurecimento enzimático e não enzimático (reações químicas), além da perda de nutrientes, tudo isso em decorrência da exposição do produto a altas temperaturas por um tempo longo (VALENTE, 2007).

Em se tratando de alimentos, é de grande interesse para a indústria e, principalmente, para o consumidor que, além da qualidade nutricional, características como aparência, sabor e odor sejam preservadas. Assim, a escolha

de um método de secagem adequado pode ser a chave para o sucesso da operação. As técnicas de desidratação mais utilizadas na preservação de polpa de frutas são a secagem convectiva, secagem em tambor (drum drying) , “spray-drying”, liofilização e a secagem em leito de espuma (foam-mat drying) (MARQUES, 2008).

3.2.1 Secagem em leito de espuma

A secagem em camada de espuma (foam-mat drying) foi desenvolvida em 1959 por Arthur Morgan Jr. e seus colaboradores no Departamento de Agricultura dos Estados Unidos e patenteado em 1961 (ZURITZ, 1976; UBOLDI, 1971).

Esse método consiste de três etapas:

- 1- Transformação do alimento líquido ou pastoso em uma espuma estável por meio de agitação em batedeiras ou outros equipamentos geradores de espuma, e adição de agentes espumantes. E em alguns casos, incorporação de gases não tóxicos como o N_2 e CO_2 ;
- 2- Espalhamento da espuma sobre uma superfície, perfurada ou não, em camada com espessura em torno de 2 a 5 mm;
- 3- Processo de desidratação, geralmente por corrente de ar quente. Durante a secagem, a espuma mantém seu volume resultando em um produto poroso e quebradiço que é facilmente transformado em pó (UBOLDI, 1971; MARQUES, 2009).

As principais vantagens desse método, quando comparado a outros métodos de secagem de alimentos líquidos como spray-drying ou secagem por tambor são as baixas temperaturas e curtos tempos de secagem, devido à estrutura da espuma permanecer inalterada durante o processo aumentando a área exposta ao ar quente e facilitando a saída da água, o que preserva melhor o sabor e o valor nutricional. Isso também torna o processo relativamente mais simples e barato. Porém, para atender a elevadas taxas de produção, necessita de equipamentos com grande superfície de secagem, pois a camada de material é muito fina (2 a 5 mm), elevando os custos do processo para grandes produções (CARNEIRO, 2008; MARQUES, 2009).

Estudos realizados por Kudra (2006) demonstraram que, utilizando secadores pequenos, a secagem em leito de espuma de suco de maçã e de polpa de manga,

quando comparada com a secagem convectiva convencional, apresentou maiores taxas de secagem, resultando em uma redução no tempo de secagem de mais de 50% e redução nos custos de produção de cerca de 10%.

Por ser um processo simples e barato que garante a obtenção de produtos em pó com características preservadas, a secagem em leito de espuma oferece grandes possibilidades comerciais, principalmente para alimentos sensíveis ao calor. Vem sendo aplicado em diversos produtos como: suco de tomate (UBOLDI, 1971), polpa de acerola (SOARES *et al*, 2001), manga (BASTOS *et al*, 2005), tamarindo (GURJÃO, 2006), jaca (DANTAS *et al*, 2008), maracujá (CAMARGO *et al*, 2008), caldo de cana (MARQUES, 2009), araçá-boi (SOARES, 2009), ceriguela (FURTADO *et al*, 2010) e outros.

Além do custo elevado para grandes produções, outra desvantagem dessa técnica está relacionada com o uso de agentes espumantes, que podem modificar as características de sabor, aroma e cor do alimento. Outra dificuldade encontrada nesse processo é manter a estrutura da espuma estável durante a secagem por ar quente. A formação, a densidade e a estabilidade das espumas são afetadas por diversas variáveis como a natureza química do material, teor de sólidos solúveis e, principalmente, pelo tipo e concentração do agente espumante (MARQUES, 2009; CARNEIRO, 2008).

A espuma é uma emulsão em que um gás, geralmente o ar, permanece disperso numa fase contínua líquida ou semi-sólida como nos sorvetes, mousses e merengues. Para que ocorra a formação da espuma, é necessário o emprego de energia mecânica, que pode ser batimento, agitação ou aeração. E, devido à grande área interfacial gás-líquido formada, uma espuma é fundamentalmente instável, sendo esta estabilidade dependente das propriedades mecânicas da interface (FOLEGATTI, 2001).

A densidade é a propriedade mais importante na escolha do agente espumante para a desidratação em leito de espuma pois, é a redução da densidade, causada pela incorporação de ar durante a agitação da polpa com o aditivo, que caracteriza a formação da espuma. Thuwapanichayanan *et al*. (2008) estudaram a influência da massa específica da espuma de purê de banana na secagem para a obtenção do pó e observaram que quanto menor a massa específica das espumas mais rápida e mais fácil é a difusão da água através da espuma durante a secagem.

Muitos alimentos naturalmente contêm proteínas e monoglicérides e produzem espumas quando batidos, entretanto as espumas produzidas, geralmente, não são satisfatórias para uma posterior desidratação, por isso é necessária a adição de agentes espumantes, que são substâncias capazes de formar e estabilizar espumas. Geralmente essas substâncias possuem propriedades emulsificantes e/ou estabilizantes. Sendo os emulsificantes capazes de promover a formação de uma emulsão e estabilizá-la, através da diminuição da energia livre e da tensão interfacial. Os estabilizantes conferem estabilidade ao sistema por longo prazo, ao retardar a colisão freqüente das gotas emulsionadas (CAPITANI, 2004). Vários produtos vêm sendo utilizados como agente espumante na desidratação em camada de espuma de frutas.

A albumina em pó é um alimento hiperprotéico, à base exclusivamente de proteínas de alto valor biológico, geralmente, derivada de ovos. Devido à sua alta digestibilidade e por conter todos os aminoácidos essenciais nas quantidades e proporções ideais, a albumina é reconhecida como a mais rica proteína animal. Na indústria, é empregada como emulsificante em alimentos e cosméticos (WEIJERS, 2002). Furtado (2010) e Silva (2008) utilizaram 5% de um composto protéico à base de albumina como dispersante e promotor de espuma para secagem em camada de espuma de polpa de ceriguela e tamarindo respectivamente.

As maltodextrinas são biopolímeros originados da hidrólise parcial do amido e são classificadas pelo seu grau de hidrólise, expresso em dextrose equivalente (DE), que é a porcentagem de açúcares redutores calculados como glicose em relação ao peso seco do amido (TAKEITI, 2007). Como ingrediente para alimentos, a maltodextrina oferece consistência, viscosidade, textura suave e estabilidade. Pelo aumento do teor de sólidos solúveis ela inibe a cristalização e controla o ponto de congelamento (FIGUEIREDO, 1998).

Pinto (2009) testou maltodextrina, Emustab®, Super Liga Neutra® e albumina nas concentrações de 5, 10, 15 e 20% como aditivos para produzir espuma de polpa de jenipapo visando a secagem em leito de espuma. A autora concluiu que o Emustab® e maltodextrina, em todas as concentrações estudadas, foram os aditivos que melhor mantiveram a estabilidade da espuma de jenipapo a 25°C e a 50°C.

O Emustab®, marca comercial sob registro de patente, é produzido com monoglicérides de ácidos graxos destilados, monoestearato de sorbitina e

polioxiétileno de monoestearato de sorbitina. Segundo o Fabricante (DUAS RODAS, 2011), no Brasil, é praticamente sinônimo de emulsificantes sendo muito usado na indústria de sorvetes para proporcionar maior emulsão e homogeneização na calda base do sorvete, dando ao produto final cremosidade, estabilidade no armazenamento e melhor rendimento. Dantas *et al.* (2008) usaram como aditivo o Emustab® para produzir espuma de polpa de jaca para secagem em leito de espuma.

Super Liga Neutra® é um produto à base de sacarose, carboximetil-celulose e goma guar, muito utilizado como estabilizante na indústria de sorvetes, panificação e produtos de confeitaria (DUAS RODAS, 2011).

Soares *et al.* (2001) produziram pó de polpa de acerola com excelente qualidade pelo processo foam-mat, utilizando como aditivos para formar espuma a pectina cítrica, Emustab® e Super Liga Neutra®.

No trabalho desenvolvido por Galdino *et al.* (2003), polpa de umbu em pó foi obtida mediante o processo foam-mat, utilizando como agentes espumantes um emulsionante, composto de monoglicerídeos, monoestearato de sorbitina e polisorbato e espessante composto de carboximetil-celulose e goma guar.

3.2.2 Liofilização

A liofilização ou criosecação ou criodesidratação (“freeze-drying”) constitui um processo de desidratação em que a água, ou outro solvente do produto, previamente congelado, passa diretamente do estado sólido para o gasoso (sublimação), em condições especiais de temperatura e pressão. Para isto faz-se necessário que a temperatura e a pressão parcial de vapor d'água sejam inferiores às do ponto triplo, isto é, 0,0099°C e 4,58 mmHg (B OSS, 2004; PEREDA, 2005).

De acordo com Marques (2008) e Pereda (2005), a técnica consiste em três estágios principais:

1- Congelamento: o produto a ser liofilizado é congelado a baixas temperaturas, geralmente menor que -18°C. O desempenho global da liofilização e a qualidade do produto final dependem significativamente deste estágio. Uma vez que, o tamanho e homogeneidade dos cristais de gelo formados, definem a forma, a distribuição, o tamanho e a conectividade dos poros da camada seca formada

pela sublimação, influenciando, conseqüentemente, os parâmetros que caracterizam a transferência de calor e massa no produto durante a secagem primária e secundária.

- 2- Secagem primária: nesta fase a água congelada é removida por sublimação. E para que isso ocorra, o material congelado deve permanecer a uma temperatura inferior a -10°C e a uma pressão absoluta de 2 mmHg ou menos. Nessa etapa da liofilização é removida cerca de 90% da umidade inicial do produto.
- 3- Secagem secundária: Consiste na retirada de água que está ligada à estrutura do material, quando não existe mais água na forma de gelo. Ocorre com velocidade menor que a sublimação, já que o teor de umidade é menor e a água não está livre (5% a 10% do total de água do material). Isto acontece ao aumentar a temperatura para um valor entre 20 e 50°C , mantendo-se a pressão baixa, até que a umidade residual seja baixa o suficiente (entre 2,0% e 10%) para manter a estabilidade do produto por longo tempo.

Por trabalhar com baixas temperaturas e, geralmente sob vácuo, esse processo é recomendado para materiais termossensíveis como: materiais biológicos (fungos, enzimas, tecidos), farmacêuticos (antibióticos, vacinas, soros) e alimentos (sucos, carnes, legumes, frutas), gerando produtos de qualidade superior quando comparados ao obtidos em outras técnicas de secagem (MARQUES, 2008).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Matéria prima

A polpa de cupuaçu utilizada neste trabalho foi fornecida por uma indústria de polpa de frutas do município de Ilhéus-BA. Os frutos maduros colhidos em fazendas da região foram despulpados manualmente com auxílio de tesouras. A polpa obtida foi embalada em sacos plástico em porções de 3 kg, congelada e transportada para o Campus da UESB em Itapetinga-BA, onde foi armazenada em freezer horizontal a -22°C . Os experimentos foram realizados nos laboratórios do Centro de Desenvolvimento e Difusão de Tecnologias (CEDETEC) localizado no Campus da UESB em Itapetinga-BA.

4.2. Caracterização físico-química da polpa de cupuaçu

Com o objetivo de caracterizar a polpa de cupuaçu, foram realizadas as seguintes análises com duas repetições em triplicata.

4.2.1. Umidade (%bu)

O teor de água foi obtido pela diferença de massa da amostra antes e após secagem em estufa a 105°C até peso constante, de acordo com técnicas descritas pelo Instituto Adolfo Lutz (2008).

4.2.2. pH

A determinação do pH foi feita pelo método potenciométrico, utilizando-se 5 g de polpa de cupuaçu diluída em 50 mL de água. A medida foi feita em um pHmetro de bancada (Quimis, precisão 0,01) devidamente calibrado com soluções-tampão de pH 4,0 e 7,0 (Instituto Adolfo Lutz, 2008).

4.2.3. Acidez Total Titulável (ATT)

A acidez total titulável foi determinada por volumetria potenciométrica. A solução de amostra preparada para a determinação do pH, foi titulada com NaOH 0,1 M. O final da titulação foi determinado pela medida do pH, cujo valor foi de 8,2, conforme metodologia recomendada pelo Instituto Adolfo Lutz (2008) para amostras coloridas. Os resultados foram expressos em porcentagem de ácido cítrico.

4.2.4. Sólidos Solúveis Totais (SST)

Utilizou-se para esta análise um refratômetro digital (ATAGO Hand refractometer, precisão, 0,2%) com escala de 0° Brix a 32° Brix, devidamente calibrado com água destilada. Algumas gotas da amostra foram colocadas sobre o prisma do aparelho e procedeu-se a leitura direta dos graus Brix indicado pelo aparelho.

4.2.5. Açúcares redutores e não-redutores

Estas análises foram feitas seguindo o método descrito pelo Instituto Adolf Lutz (2008). Este método baseia-se na redução do cobre em solução cúprica (soluções de Fehling A e B) pelos açúcares.

Para determinar os açúcares redutores, uma solução contendo 10 ml de cada solução de Fehling em 40 ml de água foi titulada com a amostra diluída até atingir o ponto de viragem, que é o desaparecimento da cor azul e a formação de precipitado vermelho (Cu_2O) no fundo do recipiente. O resultado foi expresso em porcentagem de glicídios redutores em glicose.

Para determinar os açúcares não-redutores, a amostra passou por uma hidrólise ácida em banho-maria a $100^\circ\text{C} \pm 2$ por 30 minutos, sendo posteriormente neutralizada com solução de hidróxido de sódio a 30% m/v. A titulação foi feita da mesma forma que para a determinação dos açúcares redutores, e o resultado expresso em porcentagem de glicídios não-redutores em sacarose.

4.2.6. Proteína

A determinação de proteína foi feita pelo método de Kjeldahl de acordo com Instituto Adolf Lutz (2008). Este método se baseia nas três etapas de determinação de nitrogênio: digestão, destilação e titulação. Neste método a matéria orgânica é decomposta e o nitrogênio existente é transformado em amônia e, finalmente, quantificado. O conteúdo de nitrogênio das diferentes proteínas é de aproximadamente 16%, por isso usa-se um fator empírico de 6,25 para transformar a massa de nitrogênio encontrada em massa de proteína.

4.2.7. Lipídios

O conteúdo de lipídios foi determinado por extração direta em Soxhlet, utilizando éter de petróleo como solvente. Por se tratar de um produto contendo alta proporção de carboidratos, a polpa de cupuaçu foi lavada com água e secada em estufa a 105°C por uma hora, procedendo-se em seguida a extração de acordo com a metodologia do Instituto Adolf Lutz (2008).

4.2.8. Atividade de água (Aa)

A atividade de água foi determinada utilizando-se o aparelho Aqualab-TE da Decagon Devices, com precisão de 0,003, na temperatura de 25°C. Este aparelho usa o método da temperatura do ponto de orvalho por resfriamento e condensação em espelho, para determinar a atividade de água.

4.2.9. Cor

A cor foi medida por meio de análise direta em um colorímetro Color Quest XE (Hunter Lab), conectado a um computador com sistema de software instalado. A cor foi determinada pela escala de cores internacional (CIE- Commissione Internationale em Illuminationne) que utiliza as coordenadas: L* que representa a luminosidade (capacidade de refletir a luz), variando de 0 a 100; a* que representa a

transição da cor verde (-a*) para a cor vermelha (+a*); b* que representa a transição da cor azul (-b*) para a cor amarela (+b*).

4.2.10. Densidade

A massa específica ou densidade foi determinada pela medida da massa de um volume fixo de polpa de cupuaçu (Equação 1). Para isso, utilizou-se uma proveta de vidro adaptada de, aproximadamente, 15 mL. O volume exato da proveta adaptada foi determinado preenchendo-a completamente com água destilada a 25°C e pesando em uma balança analítica (GEHAKA AG 200, precisão de 0,001 g). Como a densidade da água é conhecida, o volume foi calculado pela seguinte equação:

$$\text{densidade} = \frac{m}{v} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

m = massa da amostra (g)

v = volume da proveta (mL)

4.2.11. Vitamina C

A vitamina C, ou ácido ascórbico, foi determinada pelo método de Tillmans descrito pelo Instituto Adolf Lutz (2008). Este método é usado para amostras com baixo teor de vitamina C, e baseia-se na redução do corante sal sódico de 2,6-diclorofenol indofenol por uma solução ácida de vitamina C (solução da amostra). Os resultados são expressos em mg de vitamina C/100g.

4.3. Produção das espumas

Com o objetivo de determinar qual o agente espumante e a concentração mais adequada para produzir espuma de polpa de cupuaçu visando a desidratação em leite de espuma, foram testados como agentes espumantes, albumina em pó (produto à base da proteína do ovo), Emustab®, Super Liga Neutra® e maltodextrina, nas concentrações de 2,5, 5,0, 7,5 e 10,0% em massa. Os experimentos foram conduzidos em esquema fatorial 4x4 (4 aditivos x 4

concentrações) no delineamento inteiramente casualizado com 3 repetições em triplicata.

A produção das espumas de polpa de cupuaçu com os diferentes agentes espumantes e concentrações seguiu o fluxograma da Figura 1. Foi necessário homogeneizar a polpa, devido ao método de extração utilizado (manual com auxílio de tesouras), onde se obtém polpa em pedaços. A temperatura foi mantida em torno de 25°C durante a produção das espumas.

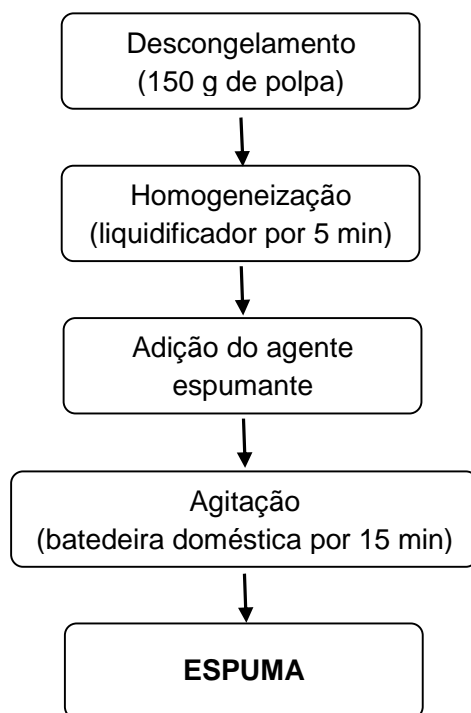


Figura 1. Fluxograma da produção das espumas.

4.4. Caracterização das espumas

Para caracterizar as espumas obtidas e escolher a concentração e o agente espumante mais adequado, foram feitas as seguintes análises com três repetições em triplicata:

- Determinação da densidade, sólidos solúveis totais, pH, acidez total titulável e cor (L^* , a^* , b^*) pelos métodos já descritos no item 4.2.

- Determinação da estabilidade. Foi utilizada a técnica preconizada por Baptista (2002) com algumas modificações. Onde cerca de 15 g da espuma formada foi colocada sobre uma tela de aço inox apoiada sobre um béquer, à temperatura

ambiente. Durante um período de duas horas, em intervalos de 30 minutos, registrou-se a massa de espuma coalescida acumulada no béquer. Sendo a estabilidade o inverso da percentagem de espuma coalescida em relação à massa inicial de espuma.

Os resultados obtidos na caracterização das espumas da polpa de cupuaçu foram submetidos à análise de regressão onde as variáveis independentes são as concentrações dos agentes espumantes e as variáveis dependentes os resultados obtidos nas análises.

4.5. Secagem em leito de espuma

Escolhido o agente espumante e a concentração mais adequada para produzir espuma de polpa de cupuaçu, procedeu-se a secagem em leito de espuma. Onde a espuma obtida foi espalhada sobre três bandejas de alumínio perfuradas (100 g por bandeja) em camada uniforme com cerca de 5,0 mm de espessura. As bandejas foram colocadas imediatamente em um secador convectivo, onde a temperatura do ar de secagem foi mantida em torno de 60°C e a velocidade em 4,0 m/s em fluxo ascendente. A temperatura do ar de secagem foi definida através de testes preliminares com temperaturas entre 40 e 70°C, onde foi considerado o tempo de secagem, a cor e a crocância do produto final.

O secador utilizado foi desenvolvido no campus da UESB em Itapetinga-BA. A estrutura foi construída com chapas de madeira aglomerada revestidas com chapas de alumínio e espuma de poliuretano e revestimento externo em PVC. O secador em forma de cruz possui quatro orifícios circulares para entrada ou saída de ar, permitindo a escolha do sentido do fluxo de ar, que pode ser vertical ou horizontal (Figura 2). O ar de secagem é movido por um ventilador centrífugo acionado por motor de 2 CV e rotação máxima de 3.370 rpm, controlado por meio de um inversor de frequência. A velocidade do ar de secagem foi monitorada por um anemômetro digital de pás rotativas, modelo Thal-300 da Instrutherm, com precisão de $\pm 3\%$ utilizado no ajuste do inversor de frequência. O aquecimento do ar foi feito por resistência elétrica de 3.000 Watts colocada na tubulação imediatamente antes da câmara de secagem. O controle da temperatura do ar foi feito por um controlador digital de temperatura da marca Fullgauge modelo TIC 107, com precisão de 0,01,

conectado a uma chave contactora que liga e desliga o sistema de resistência quando o sensor atinge à temperatura ajustada para secagem.

O final da secagem foi determinado pesando-se as bandejas em uma balança com precisão de 0,01 g, em intervalos de 30 minutos, até obtenção de pesos iguais em duas pesagens consecutivas (cerca de 4,5 horas). Após esse processo, a espuma de polpa de cupuaçu desidratada apresentou estrutura porosa e quebradiça, o que facilitou sua remoção das bandejas. Para evitar a absorção de umidade, o material desidratado foi rapidamente acondicionado em sacos de polietileno, onde foi reduzido a pó apenas pela compressão com as mãos.



Figura 2. Secador usado no experimento.

4.6. Liofilização

Para liofilizar a polpa de cupuaçu, foi utilizado um liofilizador de bancada série LV200 da TERRONI. Este equipamento possui: condensador em aço inox com capacidade de 3/5 Kg de gelo por ciclo e temperatura de -55°C ; três plataformas para bandejas, com aquecimento; três bandejas em aço inox com área de $0,080\text{ m}^2$ cada; uma bomba de vácuo, que faz a pressão na câmara de secagem chegar a 120

μmHg no final do processo. Também possui um painel em LCD para facilitar o controle do processo, permitindo controlar alguns parâmetros como o tempo de duração da secagem primária, controle individual da temperatura de cada bandeja para a secagem primária e secundária e a potência exercida em cada bandeja para o aquecimento na secagem secundária. Além de indicar a pressão na câmara de secagem, a temperatura do condensador, o tempo decorrido e a finalização do processo.

Foram utilizados 300 g de polpa de cupuaçu *in natura*, homogeneizada por 5 minutos em liquidificador doméstico e distribuída nas três bandejas do liofilizador, em camadas com cerca de 2 mm de espessura. Em seguida, as bandejas foram cobertas com filme plástico de PVC e colocadas para congelar em um freezer a -25°C por 40 horas. Após o congelamento, as bandejas foram retiradas do freezer e colocadas imediatamente no liofilizador, que foi ligado 40 minutos antes para que o condensador alcançasse a temperatura adequada. Através de testes foram escolhidas: a temperatura das bandejas para a secagem primária e secundária (-18°C e 40°C , respectivamente); o tempo da secagem primária foi de quatro horas; e a potência para o aquecimento na secagem secundária foi igual a 15% da potência máxima. O tempo total do processo de liofilização (secagem primária e secundária) foi de 10 horas. Finalizado o processo, a polpa desidratada foi rapidamente removida das bandejas e acondicionada em sacos de polietileno. Este produto também apresentou estrutura porosa e quebradiça, e foi facilmente reduzido a pó.

4.7. Caracterização dos pós

Para avaliar a qualidade dos pós obtidos pela secagem em leito de espuma e pela liofilização, foram feitas determinações de SST, umidade, pH, ATT, Aa, teor de proteína, lipídio, açúcares redutores e não-redutores, conteúdo de vitamina C e cor, seguindo as metodologias descritas no item 4.2. Também foram feitas análises de difração de raio-X e de tamanho de partícula, descritas a seguir.

4.7.1. Difração de raios-X (DRX)

A técnica de difração de raios-X (DRX) é um método preciso e eficiente largamente empregado no estudo da microestrutura de materiais cristalinos, particularmente, para ensaios não-destrutivos em aplicações industriais. Essa técnica consiste na incidência de raios-X em uma amostra e na detecção dos fótons difratados, que constituem o feixe difratado (MEZA, 2010).

Quando os raios-X interagem com um material cristalino eles geram um padrão de difração, que é uma característica específica e única de cada substância cristalina, e representa a sua identidade. Quanto maior o número de cristais em um plano de uma estrutura, mais intensos, pontiagudos e estreitos serão os picos na difração de raios-X. As partes amorfas geram picos mais largos e menores (SANTOS, 2009).

Para se obter informações a cerca da estrutura (cristalina ou amorfa) dos pós de polpa de cupuaçu produzidos por liofilização e por desidratação em leite de espuma, utilizou-se um difratômetro de raios-X (X Pert PRO x-Ray diffractometer, PAMANanalytical), operando Cu-K α ($\lambda = 1,5418$ Angstroms) a 40 kV de tensão e corrente de 40 mA, no ângulo 2θ (teta), em intervalos de 10° a 100° e passos de $0,05^\circ$. Essa análise foi realizada no Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), Rio de Janeiro, RJ.

4.7.2. Tamanho das partículas dos pós

O método de medição mais utilizado é o de difração por raio laser que, além de rápido, oferece a distribuição de tamanhos das partículas. Este sistema se baseia no pressuposto de que as partículas são esféricas, como o material em estudo é amorfo, os resultados são expressos em diâmetro equivalente de dispersão de luz, ou seja, o diâmetro de uma partícula esférica com a mesma propriedade de dispersão de Oliveira (2010)

Os pós de polpa de cupuaçu obtidos por desidratação em leite de espuma e por liofilização foram submetidos a uma análise de distribuição de tamanhos de partículas por difração de laser utilizando um Particle Sizing For Laser Diffraction SHIMADZU, modelo SALD 2201, localizado no CBPF.

4.8. Análise sensorial

A análise sensorial é usada para medir, analisar e interpretar reações às características dos alimentos que são percebidas pelos sentidos da visão, olfato, paladar, tato e audição. Através da análise sensorial pode-se determinar a aceitabilidade e qualidade dos alimentos, como o auxílio dos órgãos humanos dos sentidos.

Foram elaborados dois sucos, um com o pó obtido na liofilização e o outro com o pó obtido na secagem em leito de espuma. Foram feitos testes até se chegar à formulação ideal para o preparo dos sucos, que foi 6% de polpa em pó, 6% de açúcar e 88% de água. Os sucos foram submetidos a um teste afetivo de aceitação por escala hedônica de sete pontos, onde foram avaliados os atributos aroma, sabor e consistência (Figura 3). A análise sensorial foi realizada em cabines individuais no Laboratório de Análise Sensorial da UESB, campus de Itapetinga-BA, onde, provadores não treinados em número de 70, receberam as amostras, uma de cada vez, em copos descartáveis de 50 mL codificados com algarismos de três dígitos, a uma temperatura entre 10 a 15°C.

Os dados coletados foram avaliados estatisticamente pela análise de variância (ANOVA) e as médias das amostras foram comparadas pelo teste de Tukey, sendo a preferência obtida por inferência.

Análise Sensorial de Suco de Cupuaçu

Nome: _____

Idade: _____ **Sexo:** _____

Avalie a amostra de suco de Cupuaçu codificada e use a escala abaixo para indicar o quanto você gostou ou desgostou do aroma, sabor e consistência.

Código da amostra: _____

7- Gostei extremamente
6- Gostei moderadamente
5- Gostei ligeiramente
4- Indiferente
3- Desgostei ligeiramente
2- Desgostei moderadamente
1- Desgostei extremamente

	Nota
Aroma	
Sabor	
Consistência	

Comentários: _____

Figura 3. Ficha utilizada na avaliação sensorial.

4.9. Estabilidade da polpa de cupuaçu em pó durante o armazenamento

Durante 40 dias avaliou-se a influência da luz e do vácuo na preservação da vitamina C, umidade e Aa nos pós de polpa de cupuaçu liofilizada e seca em leite de espuma, de acordo com os tratamentos apresentados na Tabela 2.

Foram utilizadas embalagens transparentes de polipropileno contendo 5 g de pó. Nos tratamentos sem a presença de luz as embalagens foram cobertas com folhas de papel alumínio. Em intervalos de cinco dias, os pós foram avaliados quanto ao conteúdo de vitamina C, umidade e Aa. A temperatura ambiente foi mantida em $25^{\circ}\text{C} \pm 1,5$ e a umidade relativa foi monitorada por um Termo-higro-anemômetro luxímetro digital (modelo Thal-300 da Instrutherm), e ficou entre 50 e 60% UR.

Tabela 2. Tratamentos usados no estudo da estabilidade dos pós de polpa de cupuaçu.

	Com vácuo	Sem vácuo
Liofilizada	Com luz (Liof vac + Luz)	Com luz (Liof s. vac + Luz)
	Sem luz (Liof vac)	Sem luz (Liof s. vac)
Leito de espuma	Com luz (Esp vac + Luz)	Com luz (Esp s. vac + Luz)
	Sem luz (Esp vac)	Sem luz (Esp s. vac)

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Caracterização da polpa de cupuaçu

Os resultados das análises físico-químicas da polpa de cupuaçu *in natura* encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3. Valores médios e correspondentes desvios padrão das características físico-químicas da polpa de cupuaçu *in natura*.

Parâmetro	Valor médio	Valor médio (% base seca)
Proteína (%)	1,36 ± 0,10	8,96 ± 0,66
Lipídios (%)	0,64 ± 0,11	4,20 ± 0,70
Umidade (%)	84,80 ± 1,65	-
SST (° Brix)	13,78 ± 0,21	-
AR (% glicose)	2,08 ± 0,04	13,68 ± 0,24
ANR (% sacarose)	5,84 ± 0,14	38,42 ± 0,95
AT (%)	7,92 ± 0,18	52,10 ± 1,19
pH	3,40 ± 0,00	-
ATT (% ácido cítrico)	2,26 ± 0,01	14,88 ± 0,05
Vitamina C (mg/100g)	24,15 ± 0,89	158,90 ± 5,86
Atividade de água	0,988 ± 0,003	-
Densidade (g/cm ³)	1,023 ± 0,004	-
L*	74,80 ± 0,19	-
Cor a*	-0,36 ± 0,14	-
b*	24,36 ± 0,45	-

Onde: SST= Sólidos solúveis totais, AR= Açúcar redutor, ANR= Açúcar não-redutor, AT= Açúcares totais, ATT= Acidez total titulável.

Segundo Matos (2007) e Aguiar (1996), a polpa de cupuaçu *in natura* é bastante pobre como fonte de proteína e gordura. Os valores encontrados neste trabalho comprovam isso, sendo que o teor de proteína encontrado foi superior aos encontrados por Aguiar (1996) (1,25%) e aos 1,13% encontrado por Matos (2007). Para os lipídios, o valor encontrado foi de 0,64%, sendo superior aos apresentados por Matos (2007) e Aguiar (1996), 0,18% e 0,38% respectivamente. Em relação às

proteínas, a diferença não excedeu a 20% o que pode ser atribuído a variabilidade natural e a diferenças no estágio de maturação e nas condições de clima e solo. Já no caso do teor de lipídeos a diferença atingiu valores superiores a 70% o que necessita estudos mais aprofundados para investigar a origem desta variação.

O conteúdo de umidade encontrado neste trabalho (84,8%) foi semelhante aos apresentados por Matos (2007), igual a 84,28%, e pela TACO (2006), igual a 86,2%, e pouco menor que os valores encontrado por Villachica (1996) (89,0%) e por Felipe (2008) (88,11%).

O teor de sólidos solúveis totais de 13,78° Brix foi próximo a 13,6° Brix (ARAUJO, 2007), 14,00° Brix (VIANA, 2010), e maior que os 10,0 apresentados por Ferreira (2008). O teor de sólidos solúveis totais tende a aumentar com o grau de maturação do fruto, pois, com o amadurecimento o amido é hidrolisado e os açúcares complexos vão se transformando em açúcares simples, como consequência, diminuindo a acidez. Na produção de frutas, as condições climáticas, principalmente a precipitação e altas temperaturas, são fatores que exercem influência na formação dos sólidos solúveis, sendo uma provável causa dos valores baixos encontrados por Ferreira (2008) (CODEVASF, 2011).

Quanto aos teores de açúcares redutores e não redutores, os valores médios encontrados foram 2,08% e 5,84%, respectivamente. Sendo que para os açúcares redutores o valor foi próximo aos apresentados por Matos (2007) (2,18%) e por Viana (2010) (2,30%) e menor do que os encontrado por Villachica (1996) (3,0%). Já para os açúcares não-redutores o valor quantificado foi maior do que o encontrado por Matos (2007) (4,80%) e por Araujo (2007) (4,6%). O teor de açúcares totais para este estudo foi de 7,92%, próximo ao valor de 8,3% (ARAUJO, 2007). Essas pequenas diferenças entre os valores aqui encontrados e aqueles encontrados na literatura, podem ser atribuídas à variabilidade típica dos materiais biológicos.

O valor médio encontrado para o pH foi 3,40, Costa (2003) e Felipe (2008) encontraram valores próximos, 3,34 e 3,37 respectivamente. Já a acidez titulável em ácido cítrico foi de 2,26%, próximo aos valores encontrados por Costa (2003) (2,27%) e superior a 1,43% encontrado por Felipe (2008), que pasteurizou a polpa de cupuaçu antes de acondicioná-la em embalagens metálicas, o que pode ter contribuído para a degradação dos ácidos presentes.

O teor de vitamina C encontrado para a polpa de cupuaçu *in natura* neste trabalho foi 24,15 mg/100g. De acordo com esse valor, 100 g dessa polpa supre mais de 50% da Ingestão Diária Recomendada (IDR) para adultos que é de 45 mg (BRASIL, 2005), o que torna a polpa de cupuaçu uma boa fonte dessa vitamina. Valores próximos foram encontrados por Villachica (1996) (23,10 mg/100g) e pela TACO (2006) (24,5 mg/100g).

A Instrução Normativa nº 1 de 2000, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), estabelece os seguintes valores mínimos para o padrão de identidade e qualidade (PIQ) para polpa de cupuaçu: sólidos solúveis de 9,00 °Brix, a 20°C; pH de 2,60; acidez total expressa em ácido cítrico de 1,50 g/mg; ácido ascórbico 18,00 mg/100g; sólidos totais 12,00 g/100g. Portanto, a polpa utilizada neste trabalho encontra-se dentro dos padrões estabelecidos pela legislação, pois os valores encontrados para estes parâmetros são superiores aos valores mínimos estabelecidos para o PIQ.

O valor de atividade de água encontrado para a polpa de cupuaçu *in natura* foi 0,988, idêntico ao apresentado por Costa (2003) e Viana (2010) e superior aos 0,96 encontrado por Araujo (2007).

A densidade, ou massa específica, da polpa de cupuaçu estudada foi igual a 1,023 g/cm³ a 25°C. Araújo *et al.* (2002) ao determinar a massa específica de polpa de cupuaçu sob diferentes temperaturas entre 10 e 50°C, encontrou valores entre 1,0153 a 1,0343 g/cm³. Valores esses compatíveis com os encontrados neste trabalho.

Para as coordenadas de cor L*, a* e b*, os valores encontrados foram 74,80, -0,36 e 24,36 respectivamente. O elevado valor de luminosidade (L*), o valor de a* próximo de 0 e o valor positivo da coordenada b* indicam que a polpa de cupuaçu analisada apresentou coloração amarelo claro, que é a cor característica desse produto. Ferreira (2008) encontrou valores semelhantes para as coordenadas L* (66,91-67,90), a* (0,96-1,82) e b* (23,63-24,44) ao analisar a cor de polpa de cupuaçu *in natura* e com adição de diferentes aditivos.

5.2. Caracterização das espumas de polpa de cupuaçu

5.2.1. Densidade

A Figura 4 mostra a densidade da polpa de cupuaçu em função da concentração para cada agente espumante testado. Observa-se que os aditivos Super Liga Neutra® e maltodextrina não tiveram o efeito desejado, que seria a redução da densidade da polpa. A albumina provocou uma pequena redução na densidade para $0,99 \text{ g/cm}^3$, porém essa redução não é suficiente para uma desidratação em leito de espuma eficiente. Somente o Emustab® reduziu como esperado a densidade da polpa de cupuaçu, porém não houve uma variação significativa em função da concentração, na faixa estudada. O Emustab® reduziu a densidade da polpa *in natura* de cupuaçu de $1,02 \text{ g/cm}^3$ para $0,44 \text{ g/cm}^3$, em média, para todas as concentrações estudadas, indicando que o limite máximo de incorporação de ar foi alcançado já com a concentração mínima testada, 2,5%. Portanto, somente o Emustab® foi utilizado nos testes subsequentes como agente espumante na produção de espuma de polpa de cupuaçu.

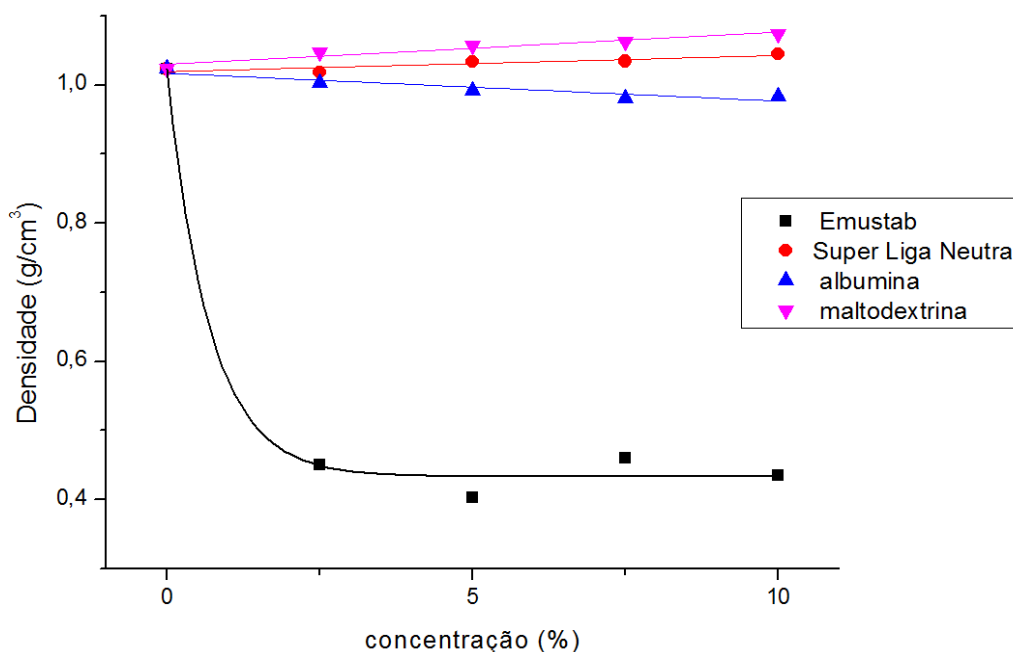


Figura 4. Densidade da polpa de cupuaçu em função dos aditivos e da concentração.

Para os valores de densidade em função da concentração foi ajustado um modelo exponencial para o Emustab® (Eq. 2) com coeficiente de determinação R² de 0,97 dado por:

$$\text{Densidade} = 0,5904 \cdot \exp(-C/0,69456) + 0,43293 \quad (\text{Equação 2})$$

Onde: C= concentração de Emustab® (%).

Para os demais aditivos ajustou-se um modelo linear, cujos parâmetros encontram-se na Tabela 4. Observa-se que todos os aditivos tiveram valores de inclinação significativos (P<0,01), apesar de pequenos. Para a Super Liga Neutra® e maltodextrina a inclinação foi positiva, indicando que houve aumento da densidade com o aumento da concentração desses aditivos, indicando que esses atuaram como ligantes e não como espumantes, um efeito contrário ao desejado. Pinto (2009) e Soares (2009) também constataram o mesmo efeito para a maltodextrina.

Tabela 4. Parâmetros da análise de regressão para a densidade da polpa de cupuaçu em função da concentração dos aditivos.

Aditivo	Parâmetro	Coefficiente	P (<0,01)	R ²
Super Liga Neutra®	Intercepto	1,019		
	Inclinação	0,00233	0,00345	0,46
Albumina	Intercepto	1,01662		
	Inclinação	-0,00402	0,00131	0,53
Maltodextrina	Intercepto	1,02964		
	Inclinação	0,00466	<0,0001	0,75

Equação 3: Densidade = a + b*C

Onde: C = concentração do aditivo, a = intercepto, b = inclinação.

Soares (2009), utilizou os mesmos aditivos deste trabalho para produzir espuma de polpa de araçá-boi visando a desidratação em leite de espuma e observou o mesmo comportamento para todos os aditivos testados porém, o aumento da concentração do Emustab® provocou redução da densidade cujos valores foram de 0,91, 0,76, 0,69 e 0,59 g/cm³ para as concentrações de 5, 10, 15 e 20%, respectivamente. Esse comportamento também foi observado por Pinto (2009) ao testar esses mesmos aditivos para obter espuma de polpa de jenipapo. Soares *et al.* (2001) obtiveram espuma de polpa de acerola com densidade de 0,51

g/cm³ após 20 min de batimento com pectina cítrica, Emustab® e Super Liga®. Gurjão (2006) utilizou 5% de um composto protéico à base de albumina para produzir espuma de polpa de tamarindo, assim como Furtado *et al.* (2010) para polpa de ceriguela, ambos autores alcançaram valores médios de densidade entre 0,45 e 0,50 g/cm³. Esses valores são adequados para desidratação em leito de espuma e semelhantes aos obtidos neste trabalho para a polpa de cupuaçu com Emustab®. Observa-se, portanto, que a concentração e o tipo do agente espumante é específico para cada produto podendo acontecer de agentes espumantes clássicos, como a albumina, não produzirem o efeito desejado, como aconteceu neste trabalho.

5.2.2. Sólidos solúveis totais (SST)

Todos os aditivos aumentaram o teor de sólidos solúveis totais (SST) com o aumento da concentração (Figura 5). O valor de 13,78° Brix da polpa *in natura* aumentou para 15,77, 19,99, 20,42 e 19,56° Brix com os aditivos Emustab®, Super Liga Neutra®, albumina e maltodextrina, respectivamente, na concentração de 10%. Nota-se que o acréscimo nos SST devido a adição do Emustab® foi menor, o que representa mais uma vantagem do uso desse aditivo como agente espumante para polpa de cupuaçu, pois o seu uso implicará em menores alterações nas características naturais da polpa.

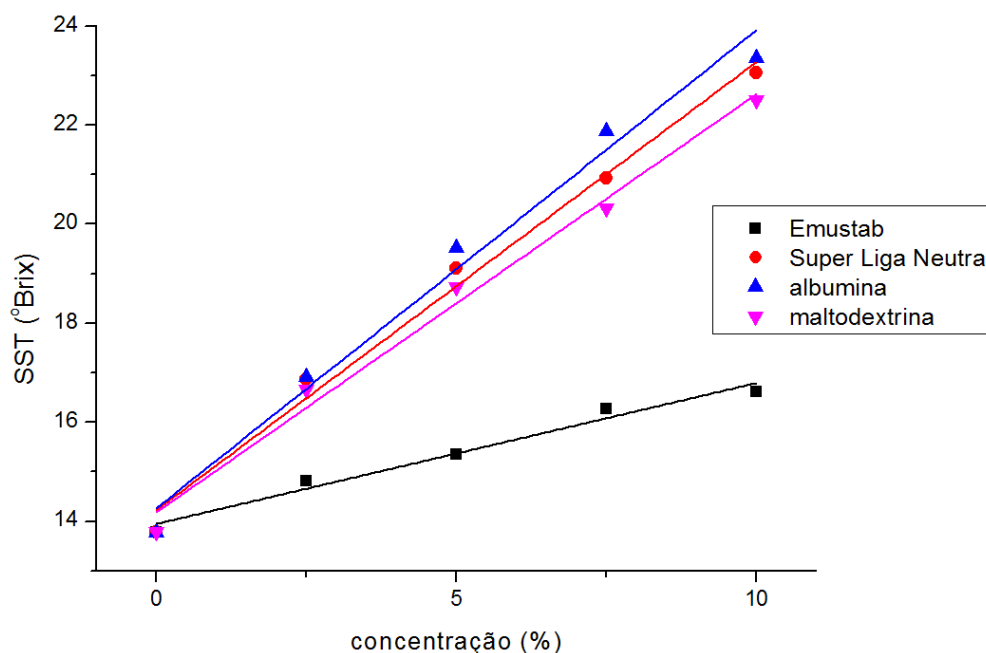


Figura 5. Sólidos solúveis totais da polpa de cupuaçu em função dos aditivos e da concentração.

Outros autores também relataram um aumento do teor de SST em polpa de frutas com o aumento da concentração desses aditivos (PINTO, 2009; SOARES, 2009). Pinto (2009) determinou o teor de SST desses aditivos e encontrou um valor de apenas 1,5° Brix para o Emustab® e valores entre 8 e 10° Brix para os demais, o que explica os resultados apresentados na Figura 5.

Para os sólidos solúveis totais foi ajustado um modelo linear cujo valores dos parâmetros encontram-se na Tabela 5. Para todos os aditivos os valores da inclinação foram positivos e estatisticamente significativos ($P < 0,01$), confirmando que os SST aumentam com o aumento da concentração. O Emustab® apresentou uma inclinação cerca de três vezes menor que os demais aditivos, isso significa que o efeito da concentração do Emustab® nos SST da polpa de cupuaçu é três vezes menor.

Tabela 5. Parâmetros da análise de regressão para SST da polpa de cupuaçu em função da concentração dos aditivos.

Aditivo	Parâmetro	Coefficiente	P (<0,01)	R²
Emustab®	Intercepto	13,94378		
	Inclinação	0,28498	<0,0001	0,81
Super Liga Neutra®	Intercepto	14,22378		
	Inclinação	0,90498	<0,0001	0,96
Albumina	Intercepto	14,26378		
	Inclinação	0,96542	<0,0001	0,96
Maltodextrina	Intercepto	14,19711		
	Inclinação	0,88364	<0,0001	0,97

Equação 4: $SS = a + b \cdot C$

Onde: C = concentração do aditivo, a = intercepto, b = inclinação.

5.2.3. pH

Somente a albumina alterou o pH da polpa de cupuaçu (Figura 6), elevando seu valor de 3,40 (polpa *in natura*) para 4,02 na concentração de 10%. Soares (2009) utilizou os mesmos aditivos deste trabalho e também verificou que somente a albumina alterou o pH da polpa de araçá-boi, aumentando-o com o aumento da concentração. Gurjão (2006) utilizou um composto protéico à base de albumina para produzir espuma de polpa de tamarindo e constatou um aumento do pH com a adição da albumina. Isso ocorre, provavelmente, devido ao alto valor do pH da albumina igual a 9,87 (PINTO, 2009).

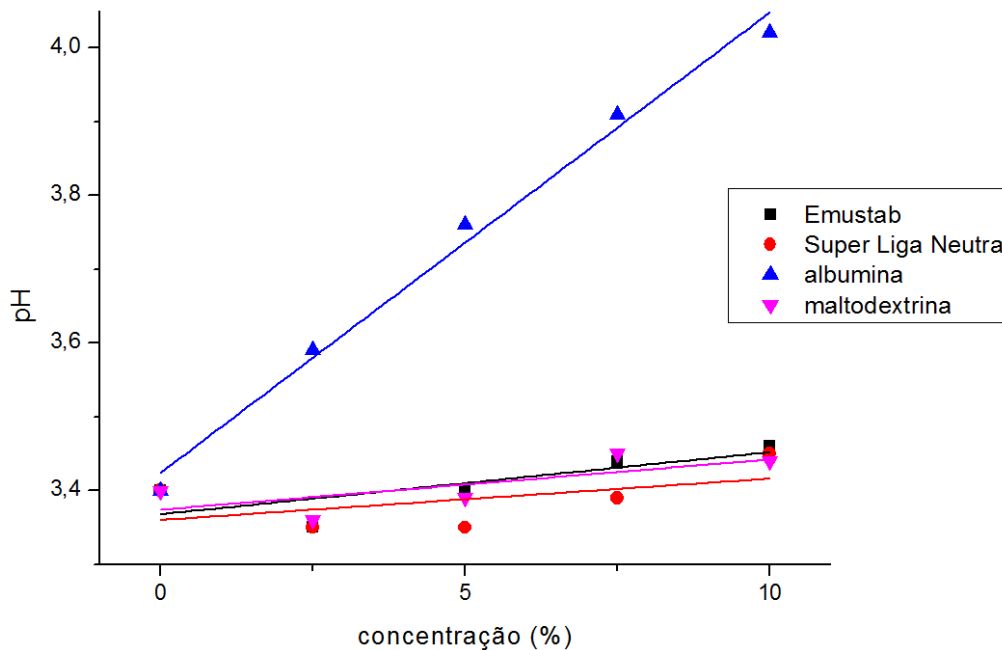


Figura 6. pH da polpa de cupuaçu em função dos aditivos e da concentração.

A variação do pH em função da concentração foi significativa ($P < 0,01$) apenas para a albumina, para a qual foi ajustado um modelo linear (Eq. 5) com R^2 de 0,95. Onde o valor positivo para a inclinação (0,06258) comprova que o pH aumentou com o aumento da concentração desse aditivo. Os demais aditivos não alteraram de forma significativa o pH da polpa, sendo a média igual a 3,41 para o Emustab® e para a maltodextrina, e 3,39 para a Super Liga®.

$$\text{pH} = 3,42178 + 0,06258 \cdot C \quad (\text{Equação 5})$$

Onde: C= concentração de albumina (%).

5.2.4. Acidez total titulável (ATT)

Analisando a Figura 7 observa-se que todos os aditivos testados tendem a diminuir a acidez da polpa de cupuaçu com o aumento da concentração, sendo essa redução mais intensa com uso da albumina. Esse comportamento é coerente com o observado para o pH, pois com o aumento do pH a acidez tende a diminuir. O mesmo efeito foi observado por Soares (2009).

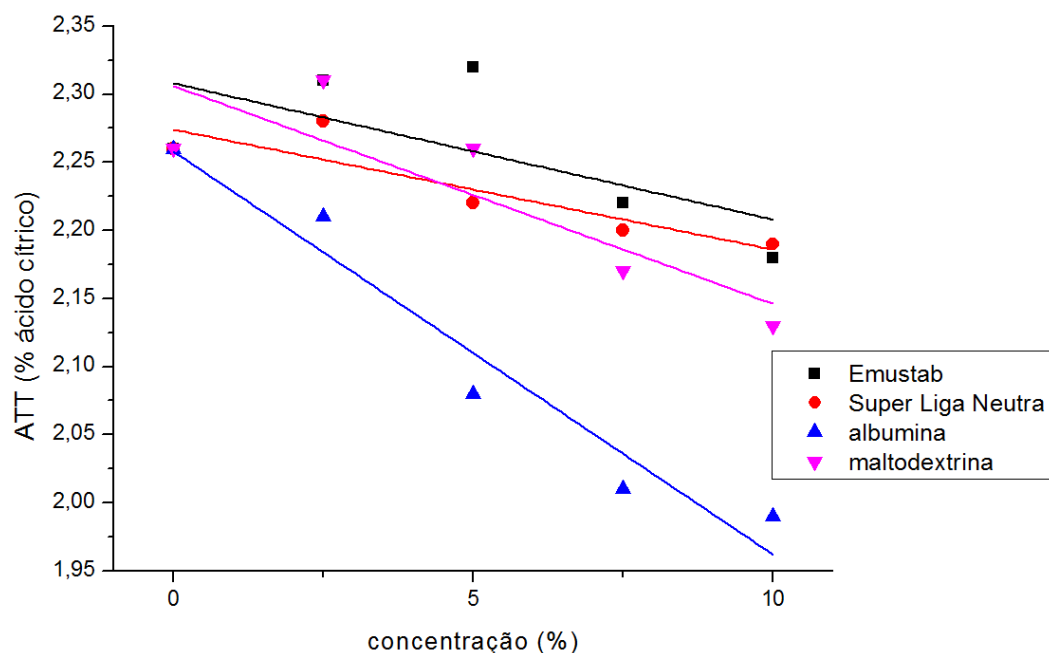


Figura 7. Acidez total titulável da polpa de cupuaçu em função dos aditivos e da concentração.

Com exceção do Emustab®, foi ajustado uma equação linear para os valores de ATT em função da concentração. O valor médio para o Emustab® foi 2,26%, não sendo significativo ($P < 0,01$). Portanto, por não alterar a ATT, o Emustab® foi o aditivo mais adequado para produzir espuma de polpa de cupuaçu, pois a acidez tem grande influência no sabor das frutas.

Na Tabela 6 observa-se que todos os aditivos apresentaram inclinação negativa, confirmando que o aumento da concentração desses aditivos reduz a ATT da polpa de cupuaçu.

Tabela 6. Parâmetros da análise de regressão para a ATT da polpa de cupuaçu em função da concentração dos aditivos.

Aditivo	Parâmetro	Coefficiente	P (<0,01)	R ²
Super Liga Neutra®	Intercepto	2,27356		
	Inclinação	-0,0093	<0,0001	0,59
Albumina	Intercepto	2,2591		
	Inclinação	-0,0301	<0,0001	0,77
Maltodextrina	Intercepto	2,30692		
	Inclinação	-0,01649	0,00395	0,44

Equação 6: $ATT = a + b \cdot C$

Onde: C = concentração do aditivo, a = intercepto, b = inclinação.

5.2.5. Cor

5.2.5.1. Coordenada L*

A Figura 8 apresenta o comportamento da luminosidade (L^*) da polpa de cupuaçu em função da concentração dos aditivos. Nota-se que, com o aumento da concentração, o Emustab® aumentou a luminosidade, já a albumina não provocou qualquer alteração, e os aditivos Super Liga Neutra® e maltodextrina tendem a diminuir o valor de L^* . Soares (2009) e Pinto (2009) observaram em seus experimentos que o Emustab® aumentou a luminosidade com o aumento da concentração e os demais aditivos reduziram.

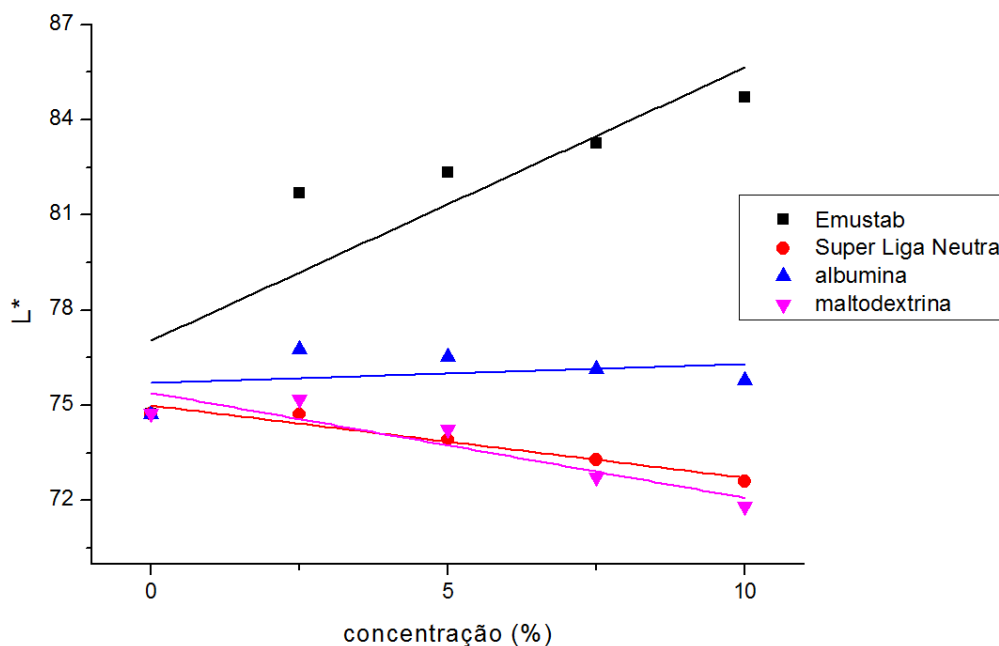


Figura 8. Coordenada L^* da cor da polpa de cupuaçu em função dos aditivos e da concentração.

O aumento da concentração de albumina não afetou de forma significativa ($P < 0,01$) a luminosidade da polpa de cupuaçu, apresentando média de 76,31. Para os demais aditivos, foi ajustada uma equação linear. Analisando os resultados da regressão apresentados na Tabela 7, nota-se que a inclinação foi positiva apenas para o Emustab®, indicando que somente este aditivo aumentou a luminosidade da polpa de cupuaçu com o aumento da concentração.

Tabela 7. Parâmetros da análise de regressão para a coordenada L* da cor da polpa de cupuaçu em função da concentração dos aditivos.

Aditivo	Parâmetro	Coefficiente	P (<0,01)	R ²
Emustab®	Intercepto	77,03331		
	Inclinação	0,86165	<0,0001	0,72
Super Liga Neutra®	Intercepto	74,99228		
	Inclinação	-0,22823	<0,0001	0,84
Maltodextrina	Intercepto	75,39642		
	Inclinação	-0,33174	<0,0001	0,73

Equação 7: $L^* = a + b \cdot C$

Onde: C = concentração do aditivo, a = intercepto, b = inclinação.

5.2.5.2. Coordenada a*

O coordenada a* representa a variação da cor verde ($a^* < 0$) para vermelho ($a^* > 0$). Na Figura 9 percebe-se que o Emustab®, a Super Liga Neutra® e a maltoextrina reduziram os valores de a* com o aumento da concentração, ou seja, houve um aumento da intensidade da coloração verde na polpa de cupuaçu. O aumento da concentração de albumina apresentou um efeito contrário e mais intenso no parâmetro a*, passando de uma coloração verde (-0,36) na polpa *in natura* para uma coloração vermelha (0,42) na concentração de 10%.

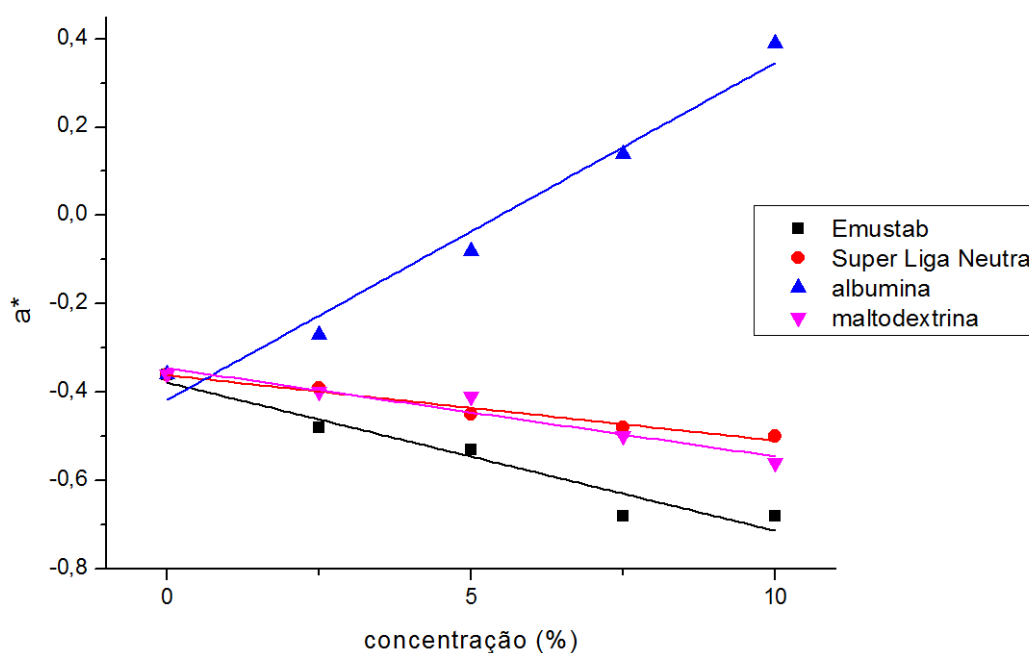


Figura 9. Coordenada a* da cor da polpa de cupuaçu em função dos aditivos e da concentração.

Soares (2009) observou que com o uso da albumina e do Emustab® houve redução do valor de a^* com o aumento da concentração na polpa de araçá-boi, enquanto que para a Super Liga Neutra® e maltodextrina houve aumento dessa coordenada. Esse comportamento foi contrário ao constatado neste trabalho, exceto para o Emustab®, indicando que a variação da cor da polpa não depende somente do aditivo adicionado, mas também da espécie de fruta utilizada.

A Tabela 8 apresenta os parâmetros da equação linear ajustada. Observa-se que os coeficientes de inclinação foram significativos ($P < 0,01$) para todos os aditivos testados. Apenas a albumina apresentou valor positivo para a inclinação, confirmando que o valor da coordenada a^* aumentou com o aumento da concentração.

Tabela 8. Parâmetros da análise de regressão para a coordenada a^* da cor da polpa de cupuaçu em função da concentração dos aditivos.

Aditivo	Parâmetro	Coefficiente	P (<0,01)	R ²
Emustab®	Intercepto	-0,38027		
	Inclinação	-0,03333	<0,0001	0,36
Super Liga Neutra®	Intercepto	-0,36111		
	Inclinação	-0,01496	<0,0001	0,31
Albumina	Intercepto	-0,41983		
	Inclinação	0,07643	<0,0001	0,84
Maltodextrina	Intercepto	-0,34806		
	Inclinação	-0,01946	<0,0001	0,41

Equação 8: $a^* = a + b \cdot C$

Onde: C = concentração do aditivo, a = intercepto, b = inclinação.

5.2.5.3. Coordenada b^*

Esta coordenada representa a variação da cor entre o azul ($b^* < 0$) e o amarelo ($b^* > 0$). Na Figura 10 nota-se que somente o Emustab® provocou alteração no valor de b^* da polpa de cupuaçu, reduzindo seu valor de 24,36 (polpa *in natura*) para 14,15 na concentração de 10%, o que representa uma redução da intensidade da coloração amarela em função do aumento da concentração de Emustab®.

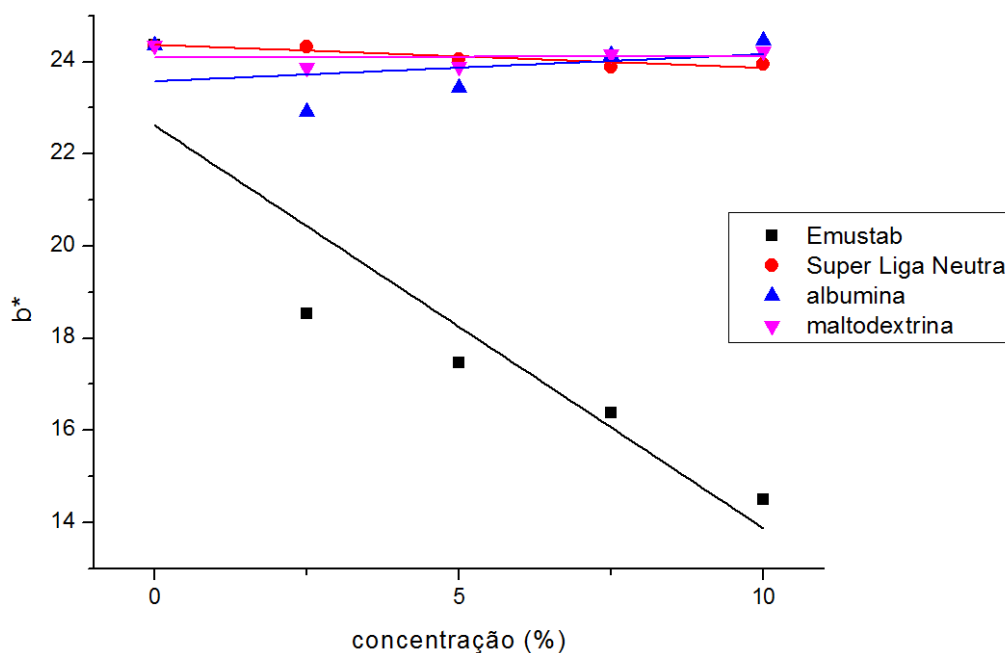


Figura 10. Coordena b* da cor da polpa de cupuaçu em função dos aditivos e da concentração.

A variação da coordenada b* em função da concentração não foi significativa ($P < 0,01$) para os aditivos Super Liga Neutra®, albumina e maltodextrina, que apresentaram médias de 24,05, 23,74 e 24,04, respectivamente. Para o Emustab®, que reduziu de forma significativa ($P < 0,01$) o valor de b*, foi ajustado um modelo linear (Equação. 9) que apresentou R^2 de 0,78.

$$b^* = 22,65994 - 0,87931 \cdot C \quad (\text{Equação. 9})$$

Onde: C = concentração do aditivo.

5.2.6. Estabilidade da espuma

No processo de desidratação em leite de espuma a estabilidade é uma propriedade tão importante quanto a densidade, pois não basta que haja a formação da espuma, esta tem que permanecer estável durante a desidratação, garantindo a eficiência do processo e a qualidade do produto final.

No teste de estabilidade das combinações de polpa de cupuaçu, com todos os aditivos e concentrações testadas, observou-se que todas permaneceram estáveis durante o período de 2 horas. A alta viscosidade da polpa de cupuaçu pode

ter contribuído para esse resultado, pois o teste de estabilidade também foi aplicado à polpa *in natura*, que apresentou estabilidade próxima a 100%.

Soares (2009) utilizou uma técnica semelhante à deste trabalho para determinar a estabilidade de espumas de polpa de araçá-boi, nas temperaturas de 25 e 70°C, produzidas com os mesmos aditivos aqui testados nas concentrações de 5, 10, 15 e 20%, e também observou que a estabilidade das espumas foi mantida constante para as diferentes concentrações e temperaturas.

5.3. Caracterização dos pós de polpa de cupuaçu

Na Tabela 9 encontram-se as características físico-químicas dos pós de polpa de cupuaçu obtidos por liofilização e desidratação em leito de espuma, expressos em porcentagem em base úmida e em base seca.

Os resultados foram expressos em base seca porque somente dessa forma pode-se obter informações reais a respeito da preservação de nutrientes em produtos desidratados quando comparados com o material *in natura*, pois os valores expressos em base seca independem do teor de umidade. Já os valores expressos em base úmida foram utilizados apenas para comparação com os da literatura que, a pesar de inadequado, são expressos em base úmida.

Analisando os valores expressos em base seca, nota-se que os pós foram estatisticamente iguais ($P < 0,05$) em quase todas as características. A pesar de próximos, os valores dos açúcares redutores e da ATT dos pós foram estatisticamente diferentes, assim como o teor de vitamina C que foi 30,85% maior no produto liofilizado. Porém, ao comparar o conteúdo de vitamina C dos pós com o da polpa *in natura*, percebe-se que ambos os tratamentos provocaram redução, de 37,96% no produto desidratado em leito de espuma e de 18,82% no liofilizado.

Essa diferença no teor de vitamina C ocorreu, provavelmente, devido à oxidação do ácido ascórbico, que é acelerada no processo de desidratação em leito de espuma pelo aquecimento e pela aeração (formação da espuma), enquanto que na liofilização essa reação é retardada, pois a polpa permanece congelada durante quase todo o processo.

Comparando o teor dos nutrientes (em % base seca) na polpa *in natura* com o dos pós, observa-se que, após a desidratação o teor de proteína reduziu em 26,23%

e 19,75% nos pós obtidos por desidratação em leito de espuma e por liofilização, respectivamente. Assim como os teores de açúcares não-redutores, que reduziram 15,77 e 17,88%, e de SST, que sofreu redução de 35,28 e 33,52%. Porém, houve aumento nos teores de açúcares redutores de 11,77 e 20,83% nos pós obtidos por desidratação em leito de espuma e por liofilização, respectivamente.

A pesar das perdas, os pós apresentaram boa qualidade nutricional, indicando que a desidratação em leito de espuma e a liofilização são técnicas adequadas para produzir polpa de cupuaçu em pó.

Tabela 9. Valores médios das características físico-químicas da polpa de cupuaçu desidratada em leite de espuma e liofilizada.

Parâmetros	Base úmida		Base seca		
	Leito de espuma	Liofilizada	Leito de espuma	Liofilizada	Polpa <i>in natura</i>
Proteína (%)	6,21a ± 0,16	6,66ab ± 0,09	6,61ab ± 0,17	7,19b ± 0,09	8,96c ± 0,66
Lipídios (%)	3,53ab ± 0,14	2,99a ± 0,17	3,75ab ± 0,14	3,23a ± 0,19	4,20b ± 0,70
Umidade (%)	5,95a ± 0,05	7,35a ± 0,15	6,33a ± 0,05	7,93a ± 0,16	557,89b ± 10,87
AR (%)	14,38ad ± 0,47	15,31b ± 0,15	15,29ab ± 0,50	16,53c ± 0,16	13,68d ± 0,24
ANR (%)	30,44ab ± 0,65	29,24b ± 0,61	32,36a ± 0,69	31,55a ± 0,65	38,42c ± 0,95
SST (° Brix)	55,17a ± 2,58	55,83a ± 2,66	58,66a ± 2,74	60,26a ± 2,87	90,64b ± 1,41
pH	3,34a ± 0,01	3,36a ± 0,02	-	-	-
ATT (% ácido cítrico)	13,47a ± 0,05	13,92b ± 0,06	14,32c ± 0,05	15,02d ± 0,07	14,88d ± 0,05
Aa	0,278a ± 0,001	0,414b ± 0,012	-	-	-
Vitamina C (mg/100g)	92,72a ± 2,02	119,51b ± 7,84	98,58a ± 2,15	128,99b ± 8,46	158,90c ± 5,86
L*	87,10a ± 0,01	90,04b ± 0,02	-	-	-
Cor a*	1,42a ± 0,01	-0,34b ± 0,01	-	-	-
b*	21,34a ± 0,15	18,74b ± 0,03	-	-	-

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre se a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Onde: SST= Sólidos solúveis totais, AR= Açúcar redutor, ANR= Açúcar não-redutor, ATT= Acidez total titulável.

Ao desidratar polpa de cupuaçu em estufa, Moreira (2009) encontrou valor parecido de pH (3,60 a 3,63), já para os sólidos solúveis totais (29,08 a 31,06° Brix) e para a acidez (1,80 a 2,10% de ácido cítrico) os valores foram menores, já que a umidade do produto final foi de 24,8 a 26,2%.

Soares *et al.* (2001) desidrataram polpa de acerola pelo método foam-mat utilizando como emulsionantes e espessantes o Emustab®, pectina cítrica e Super Liga Neutra®. Obtiveram pó de acerola com grande valor nutritivo incorporado, principalmente no que se refere ao conteúdo de vitamina C (15,16%), açúcares redutores (43,22%) e proteína (9,05%).

Os métodos de desidratação testados reduziram o teor de umidade da polpa de cupuaçu em mais de 90%, além de promover uma redução significativa da atividade de água, de 0,988 na polpa *in natura* para 0,278 e 0,414 nos pós obtidos por desidratação em leito de espuma e por liofilização, respectivamente. Valores de atividade de água abaixo de 0,600 são bastante favoráveis à estabilidade do produto, pois esses valores baixos inibem qualquer atividade microbológica, além de retardar ou inibir todas as reações químicas e enzimáticas de deterioração (BOBBIO, 1992).

Moreira (2009) desidratou polpa de cupuaçu em estufa com circulação de ar a 60°C por períodos de 46, 52 e 58 horas. Apesar do longo tempo de processamento, o teor de umidade final variou de 24,8% a 26,2% e a Aa de 0,62 a 0,68. Valores estes muito maiores aos alcançados no presente trabalho, onde a duração dos processos foi de apenas 4,5 horas, para a secagem em leito de espuma, e de 10 horas para a liofilização. Isso comprova a maior eficiência da desidratação em leito de espuma e da liofilização em relação ao método convencional por circulação de ar quente.

Menezes *et al.* (2009) também verificaram maiores perdas de vitamina C em acerola verde desidratada em estufa por circulação de ar a 70°C quando comparada com a liofilização, 988,57 e 2093,01 mg/100g de ácido ascórbico, respectivamente, uma diferença de mais de 50%. Moreira (2009) encontrou teores de vitamina C entre 46,75 e 51,29 mg/100g para polpa de cupuaçu desidratada em estufa.

Em relação à cor, observa-se que os tratamentos apresentaram valores significativamente diferentes. Porém, quando comparados com os valores determinados para a polpa *in natura*, tanto a liofilização quanto a desidratação em

leito de espuma provocaram aumento da luminosidade (L^*) e redução do valor de b^* , o que significa que houve uma redução da intensidade da coloração amarela. Em relação a coordenada a^* , o processo de liofilização não provocou alteração, mas na desidratação em leito de espuma esse valor passou de $-0,36$ (polpa *in natura*) para $1,42$, ou seja, a coloração passou de verde ($a^* < 0$) para vermelha ($a^* > 0$). Essa variação na coordenada a^* pode ser consequência de reações de escurecimento provocadas pelo contato com o ar e pelo aquecimento durante a desidratação como: oxidação do ácido ascórbico, que está evidenciada pelo menor conteúdo desse nutriente na polpa desidratada em leito de espuma; reação de Maillard, que pode ser evidenciada pelo menor conteúdo de proteína e açúcar redutor nesse tratamento, pois nessa reação açúcares redutores reagem com aminoácidos ou proteínas formando compostos de coloração marrom e outros que alteram o sabor dos alimentos (BOBBIO, 1992).

5.3.1. Difração de raios-X (DRX)

A Figura 11 mostra os difratogramas de raios-X dos pós de polpa de cupuaçu liofilizada e desidratada em leito de espuma, respectivamente. Observa-se que os difratogramas foram semelhantes, apresentando um único pico largo, sem definição e bastante ruidoso, indicando que os pós analisados possuem estrutura amorfa.

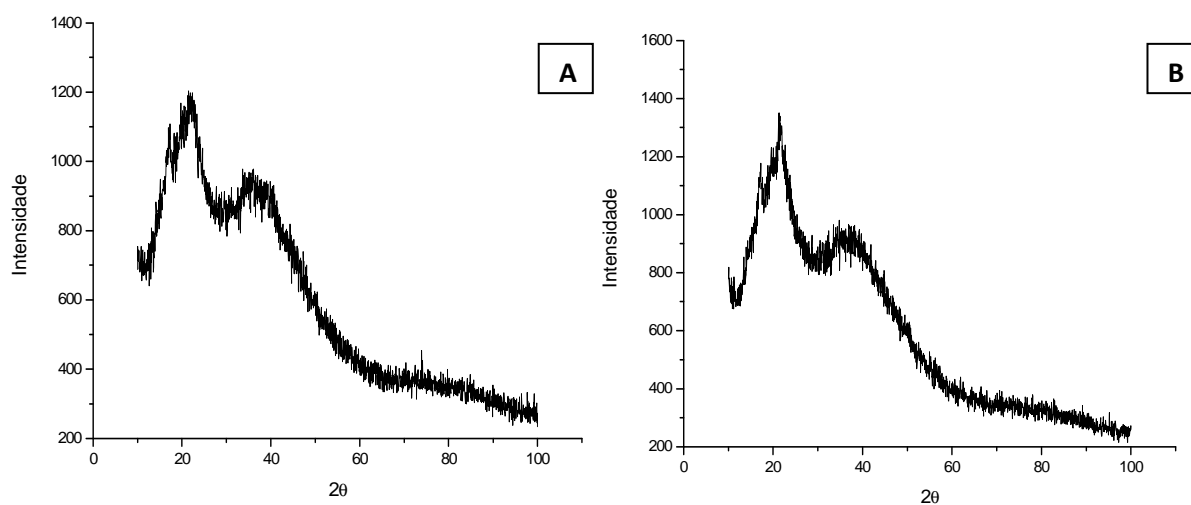


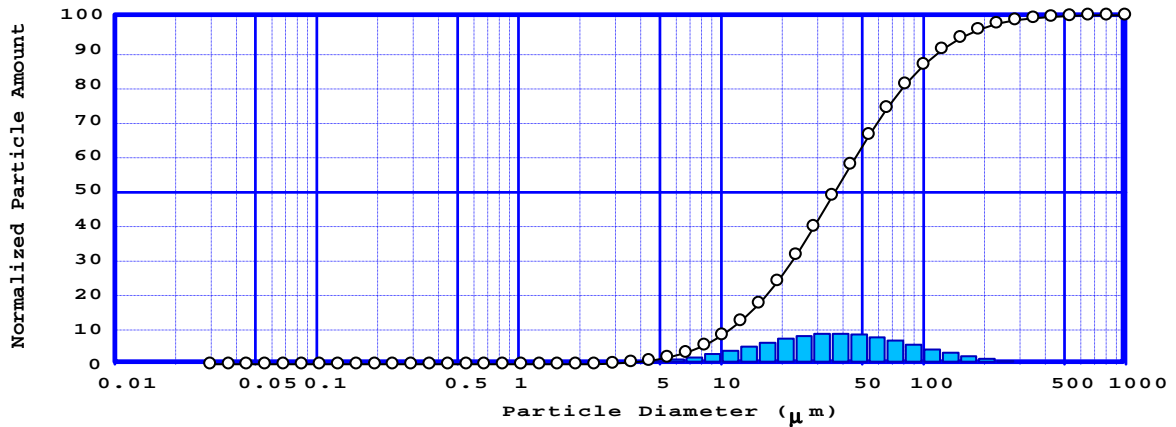
Figura 11. Difratogramas dos pós de polpa de cupuaçu: (A) liofilizada; (B) desidratada em leito de espuma.

Barbosa *et al.* (2009) utilizaram DRX para analisar suco de açaí em pó obtido por co-cristalização após misturar a polpa com xarope de sacarose concentrado a 70° Brix e secar em estufa a vácuo a 75°C, por 24 horas. Os difratogramas obtidos apresentaram picos afiados bem definidos e sem ruídos, constatando que o suco de açaí obtido por co-cristalização apresentou superfícies cristalinas.

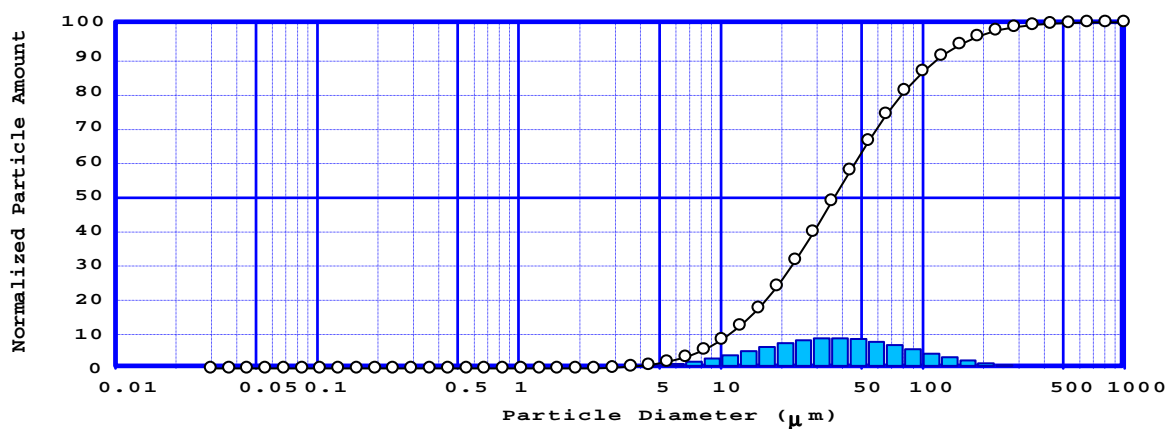
Moreira (2011) produziu polpa de mamão em pó microencapsulada através da técnica de secagem em leito de espuma utilizando Capsul e amido modificado. A difração de raio-X revelou um material com arranjo desordenado das moléculas apresentando uma configuração metaestável com características amorfa, assim como para os pós de polpa de cupuaçu desidratada em leito de espuma e liofilizada obtidos neste trabalho.

5.3.2. Distribuição do tamanho das partículas dos pós

A distribuição do tamanho das partículas dos pós da polpa de cupuaçu liofilizada e desidratada em leito de espuma encontra-se na Figura 12, respectivamente. Para o pó obtido por liofilização a média do diâmetro equivalente das partículas foi de 37,117 μm , sendo que 25% das partículas apresentaram diâmetro equivalente de até 19,751 μm , 50% de até 37,110 μm e 75% de até 70,026 μm . O pó obtido por desidratação em leito de espuma apresentou partículas com diâmetro equivalente médio um pouco menor (35,063 μm), sendo 25% com diâmetro de até 17,769 μm , 50% com até 35,065 μm e 75% com até 69,179 μm . Os resultados foram semelhantes para os pós estudados, demonstrando que não há diferença entre o tamanho das partículas dos pós de polpa de cupuaçu obtidos por liofilização e por desidratação em leito de espuma.



(A)



(B)

Figura 12. Distribuição de tamanho de partícula do pó de polpa de cupuaçu: (A) liofilizada; (B) desidratada em leito de espuma.

Mata *et al.* (2005) produziram polpa de umbu em pó microencapsulado por atomização utilizando diferentes formulações com os agentes encapsulantes maltodextrina, goma arábica em pó pura e β -ciclodextrina. Os diâmetros médios para as formulações testadas foram de 1,68 a 4,58 μm , tamanhos muito menores aos encontrados neste trabalho.

Moreira (2011) encontrou tamanhos de partículas bem maiores no pó de polpa de mamão encapsulada com Capsul por secagem em leito de espuma, de 56 a 112 μm .

5.4. Análise sensorial

Na Tabela 10 são apresentados os resultados obtidos no teste de aceitação por escala hedônica de sete pontos, onde foram avaliados os atributos aroma, sabor e consistência de sucos preparados com polpa de cupuaçu liofilizada e desidratada em leite de espuma. Nota-se que, para todos os atributos avaliados, a polpa liofilizada obteve nota significativamente superior ($P < 0,05$), sendo classificada no termo hedônico “gostei moderadamente”, enquanto a polpa desidratada em leite de espuma ficou classificada como “indiferente”. Dessa forma percebe-se que, o processo de desidratação em leite de espuma e/ou o Emustab® usado como agente espumante, prejudicou um pouco o aroma, sabor e a consistência do suco preparado com o pó obtido por esse processo.

Tabela 10. Médias das notas do teste afetivo de aceitação por escala hedônica dos sucos preparados com polpa de cupuaçu liofilizada e desidratada em leite de espuma.

Amostras	Aroma	Sabor	Consistência
Liofilizada	6,09a \pm 0,77	6,32a \pm 0,89	5,76a \pm 1,17
Leito de espuma	4,38b \pm 1,55	4,46b \pm 1,68	4,46b \pm 1,59

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Essas alterações nas características sensoriais podem ser consequência da reação de Maillard, que pode ter ocorrido durante o aquecimento, formando compostos que modificam o sabor e o aroma dos alimentos. O Emustab® pode ter provocado a formação de espuma durante o preparo do suco, diminuindo a aceitação pelos provadores em relação a consistência. Esses problemas podem ser minimizados reduzindo a temperatura na desidratação e diminuindo a concentração de Emustab® ou combinando-o com outros aditivos, pois este reduziu a densidade da polpa de cupuaçu mesmo na menor concentração testada (2,5%).

A Figura 13 mostra a frequência (em % do total de provadores) das notas para o aroma, sabor e consistência. Nota-se que, para a polpa liofilizada as notas mais frequentes foram 6 e 7, sendo que para o atributo aroma 45,59% dos provadores atribuíram nota 6 e 32,35% nota 7. Para o sabor as frequências foram

29,41 e 54,41% para as notas 6 e 7 respectivamente, e para a consistência foram de 27,94 e 33,82%. Para a polpa liofilizada a menor nota dada para o aroma e sabor foi 4, enquanto que para a consistência menos de 3% dos provadores atribuíram notas menores do que esta.

A polpa desidratada em leite de espuma apresentou freqüência bem distribuída entre as notas 2 e 7 para todos os atributos. Para o aroma observou-se uma maior freqüência para a nota 5 (26,47%), as demais notas tiveram freqüência entre 8,82 e 19,12%. A freqüências das notas dadas ao atributo sabor foram entre 11,76% (nota 5) e 23,53% (nota 4), e para a consistência ficaram entre 11,76% (nota 7) e 22,06% (nota 4).

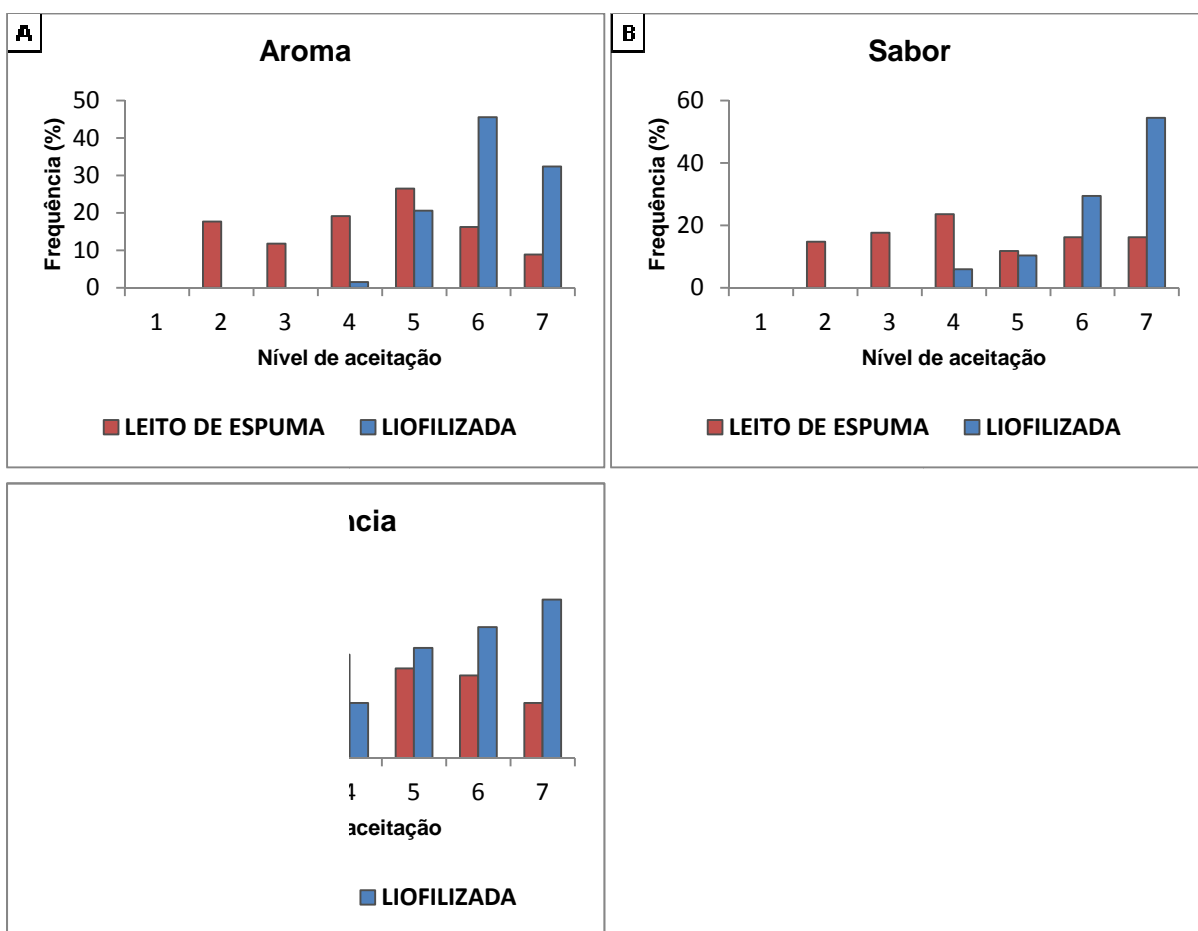


Figura 13. Histogramas de freqüência das notas para os atributos: (A) aroma; (B) sabor; (C) consistência.

Freire *et al.* (2009) aplicaram um teste de aceitação de escala hedônica de 9 pontos a três marcas de polpa de cupuaçu congelada. A média das notas para as três marcas analisadas variaram de 5,8 a 6,1 para o aroma, de 5,4 a 5,8 para o

sabor e de 5,7 e 6,1 para a impressão global, o que representa uma classificação na escala hedônica entre “não gostei, nem desgostei” (nota 5) e “gostei ligeiramente” (nota 6). As notas encontradas por esse autor são próximas as encontradas para a polpa liofilizada, indicando que esse tratamento preserva as mesmas características sensoriais da polpa de cupuaçu *in natura*.

5.5. Estabilidade dos pós durante o armazenamento

5.5.1 Vitamina C

A Figura 14 mostra o teor de vitamina C dos pós de polpa de cupuaçu obtidos por desidratação em leito de espuma (Esp) e por liofilização (Liof) em função do tempo de armazenamento (40 dias), em diferentes embalagens. Percebe-se que para todos os tratamentos houve perdas de vitamina C de 13,17 a 47,90% após os 40 dias de armazenamento. Essa perda foi mais intensa em função da exposição à luz, em média 24% maior nos pós embalados a vácuo e 29,8% maior nos pós embalados sem vácuo. Entre os tratamentos com e sem vácuo não houve diferença significativa no conteúdo de vitamina C após o período de armazenamento, exceto para o tratamento “Liof s. vac + Luz” que apresentou 10% a mais de perda do que o “Liof vac + Luz”. Observa-se também que a redução no teor de vitamina C foi mais intensa no período de 0 a 5 dias, para o “Liof vac + Luz”, e de 0 a 10 dias para o “Liof s. vac + Luz”. Com isso, faz-se necessário a realização de estudos que descrevam melhor a variação do teor de vitamina C da polpa de cupuaçu liofilizada durante 10 dias de armazenamento.

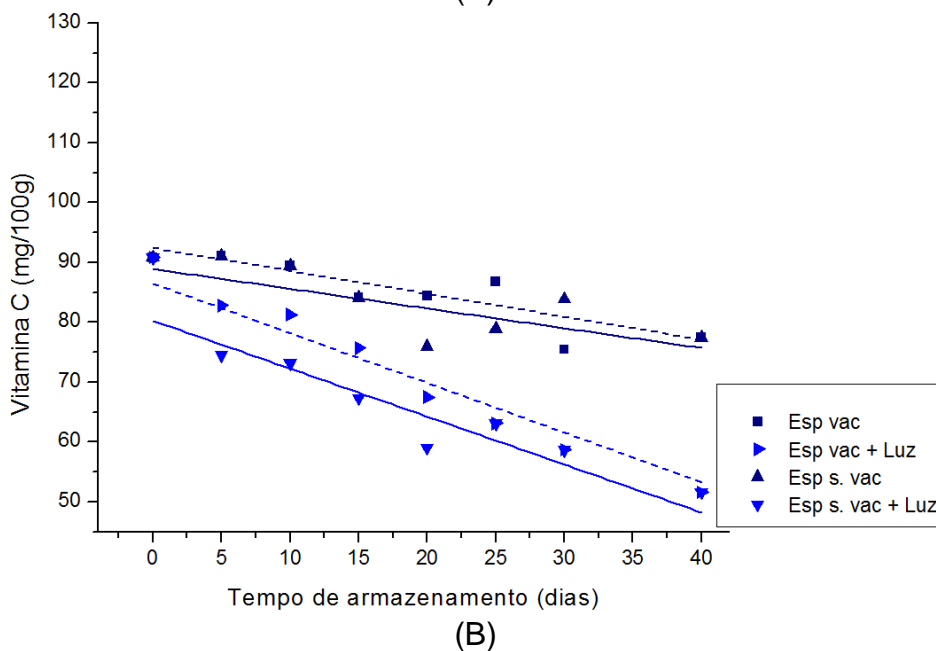
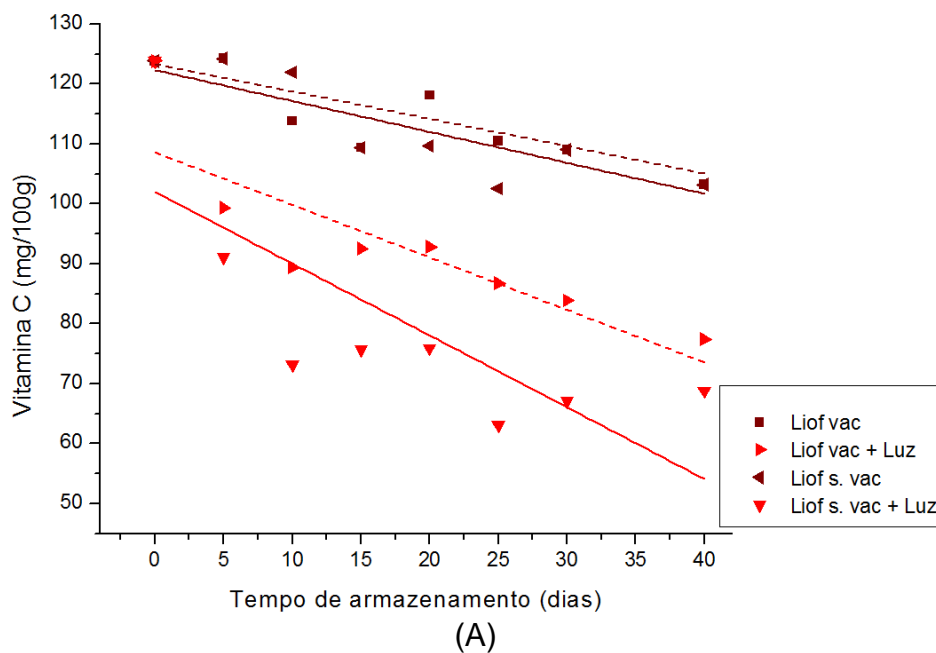


Figura 14. Teor de vitamina C dos pós de polpa de cupuaçu em função do tempo de armazenamento e do tipo de embalagem: (A) Polpa liofilizada; (B) Polpa desidratada em leite de espuma.

Apesar das perdas, os pós ainda mantiveram teores de vitamina C elevados após o armazenamento. Para os pós obtidos por liofilização e expostos à luz o teor de vitamina C foi em média de 70,97 mg/100g e para os que foram protegidos da luz 105,38 mg/100g, já para os pós obtidos por desidratação em leite de espuma esses valores foram de 53,76 e 77,42 mg/100g respectivamente.

Outros autores alcançaram resultados semelhantes em relação à estabilidade de vitamina C durante o armazenamento de polpa de fruta em pó. Moreira (2009)

desidratou polpa de cupuaçu em estufa com circulação de ar a 60°C por 46, 52 e 58 horas, embalou em sacos de polietileno transparentes e armazenou por 90 dias, verificando perdas de vitamina C de 36 a 40% após o armazenamento. Gomes *et al.* (2004) estudaram o armazenamento de pó de acerola produzido em secador tipo leito de jorro e também verificaram que o teor de ácido ascórbico diminuiu com o aumento do tempo de armazenamento, atingindo um percentual de redução de 29,72% no final de 60 dias. Esse comportamento também foi observado por Soares *et al.* (2001) que constatou uma redução no teor de vitamina C de polpa de acerola desidratada pelo processo foam-mat de 15,16 para 9,93% após 90 dias de armazenamento em embalagens metalizadas de polipropileno biorientado (B.O.P.P.), revestidas internamente com polietileno.

Para a variação da vitamina C em função do tempo de armazenamento foi ajustada uma equação linear. Na Tabela 11 são apresentados os valores dos parâmetros dessa equação para cada tratamento. Os valores negativos para a inclinação indicam quantos mg de vitamina C/100g de pó foram perdidos por dia de armazenamento para cada tratamento, ficando entre 0,33 e 1,19 mg de vitamina C/100g/dia. Nota-se que os valores de inclinação dos tratamentos com e sem vácuo foram próximos, e para os tratamentos com e sem luz houve uma variação de cerca de 50%, comprovando que a luz foi o fator que mais contribuiu para a degradação da vitamina C na polpa de cupuaçu em pó.

Tabela 11. Parâmetros da análise de regressão da vitamina C em função do tempo de armazenamento dos pós de polpa de cupuaçu, em diferentes embalagens.

Tratamento	Parâmetro	Coefficiente	P	R ²
Liof vac	Intercepto	123,30969		
	Inclinação	-0,45557	<0,0001	0,70
Liof vac + Luz	Intercepto	108,58693		
	Inclinação	-0,87518	<0,0001	0,66
Liof s. vac	Intercepto	122,32079		
	Inclinação	-0,51553	<0,0001	0,77
Liof s. vac + Luz	Intercepto	102,0146		
	Inclinação	-1,19729	<0,0001	0,63
Esp vac	Intercepto	92,43492		
	Inclinação	-0,38262	<0,0001	0,74
Esp vac + Luz	Intercepto	86,49877		
	Inclinação	-0,83007	<0,0001	0,86
Esp s. vac	Intercepto	88,91048		
	Inclinação	-0,3301	0,0003	0,59
Esp s. vac + Luz	Intercepto	80,28079		
	Inclinação	-0,80053	<0,0001	0,74

Equação 10: Vitamina C (mg/100g) = a + b*T

Onde: a = intercepto, b = inclinação, T= tempo de armazenamento (dias).

5.5.2 Atividade de água (Aa)

Na Figura 15 é mostrada a variação da Aa dos pós de polpa de cupuaçu em função do tempo de armazenamento em diferentes embalagens. Analisando o gráfico nota-se que, para todos os tratamentos testados, houve aumento da Aa durante o armazenamento. Para as embalagens testadas, os pós obtidos por desidratação em leite de espuma tiveram aumento médio na Aa de 0,278, no dia 0, para 0,465 aos 40 dias, equivalente a 67,23% de aumento. Esse aumento foi mais de três vezes maior do que o verificado nos pós liofilizados, de 0,424 no início para 0,510 após o armazenamento, um aumento igual a 20,4%. Essa grande diferença no aumento da Aa indica que as amostras “Esp” foram mais higroscópicas que as “Liof”,

além das embalagens testadas não ofereceram uma barreira eficiente contra a umidade.

Mesmo com o aumento na Aa verificado durante o armazenamento, os valores finais ainda se encontram abaixo de 0,60, garantindo a estabilidade microbiológica e retardando reações enzimáticas e químicas de degradação.

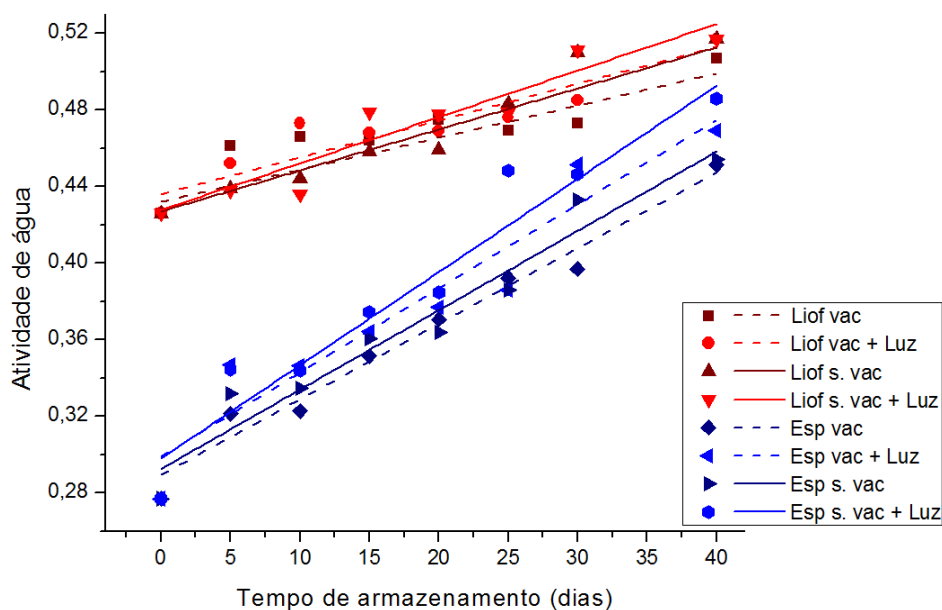


Figura 15. Atividade de água da polpa de cupuaçu liofilizada e desidratada em leite de espuma em função do tempo de armazenamento e do tipo de embalagem.

Alguns autores também estudaram a atividade de água de frutas desidratadas durante o armazenamento. Moreira (2009) em seu estudo com polpa de cupuaçu desidratada verificou que não houve variação da Aa após os 90 dias de armazenamento, porém, os valores encontrados foram superiores aos deste trabalho, ficando entre 0,63 e 0,69. Pontes (2009) armazenou por 120 dias banana da terra desidratada em um secador convectivo a 60°C e 70°C, com e sem pré-tratamento osmótico. Os produtos desidratados apresentaram valores de Aa entre 0,64 e 0,70 no início do armazenamento, e entre 0,69 e 0,76 aos 120 dias, valores muito acima dos encontrados neste trabalho e que favorecem o desenvolvimento de microrganismos e reações de deterioração.

Para a variação da atividade de água em função do tempo de armazenamento foi ajustada uma equação linear cujos parâmetros são apresentados na Tabela 12. Os coeficientes de inclinação para todos os tratamentos foram positivos, indicando o aumento da Aa para cada dia de armazenamento.

Observa-se que, tanto para as amostras “Liof” quanto para as “Esp”, os valores foram próximos para as diferentes embalagens testadas. Porém, os coeficientes de inclinação das amostras “Esp” foram cerca de 50% maiores que os das amostras “Liof”.

Tabela 12. Parâmetros da análise de regressão da Aa em função do tempo de armazenamento dos pós de polpa de cupuaçu, em diferentes embalagens.

Tratamento	Parâmetro	Coefficiente	P	R ²
Liof vac	Intercepto	0,43197		
	Inclinação	0,00167	<0,0001	0,69
Liof vac + Luz	Intercepto	0,43588		
	Inclinação	0,00192	<0,0001	0,88
Liof s. vac	Intercepto	0,42696		
	Inclinação	0,00214	<0,0001	0,87
Liof s. vac + Luz	Intercepto	0,42775		
	Inclinação	0,00242	<0,0001	0,88
Esp vac	Intercepto	0,28938		
	Inclinação	0,00395	<0,0001	0,97
Esp vac + Luz	Intercepto	0,29896		
	Inclinação	0,00439	<0,0001	0,91
Esp s. vac	Intercepto	0,29249		
	Inclinação	0,00414	<0,0001	0,95
Esp s. vac + Luz	Intercepto	0,298		
	Inclinação	0,00486	<0,0001	0,92

Equação 11: $Aa = a + b \cdot T$

Onde: a = intercepto, b = inclinação, T= tempo de armazenamento (dias).

5.5.3 Umidade (%bu)

A variação da umidade dos pós de polpa de cupuaçu durante o armazenamento em diferentes embalagens encontra-se na Figura 16. Nota-se que para todos os tratamentos a umidade tende a aumentar durante o armazenamento, com exceção do “Liof s. vac”, onde a umidade é quase constante. Provavelmente a

umidade nesse tratamento já estava próxima do equilíbrio para as condições de armazenamento, apresentando umidade no final do armazenamento de 7,80%.

Observa-se em geral que para as embalagens a vácuo os pós apresentaram menor conteúdo de umidade. Ao final do armazenamento, o valor médio para as amostras “Liof” embaladas a vácuo foi de 6,50%, e para as embaladas sem vácuo 7,70%. Para os pós “Esp” esses valores foram de 6,90% e 7,30%, respectivamente. Essa diferença pode ter ocorrido devido à compactação sofrida pelos pós embalados a vácuo que dificultou a penetração da umidade, por outro lado os grãos soltos dos pós embalados sem vácuo permitem a penetração e distribuição da umidade de forma uniforme em toda a massa.

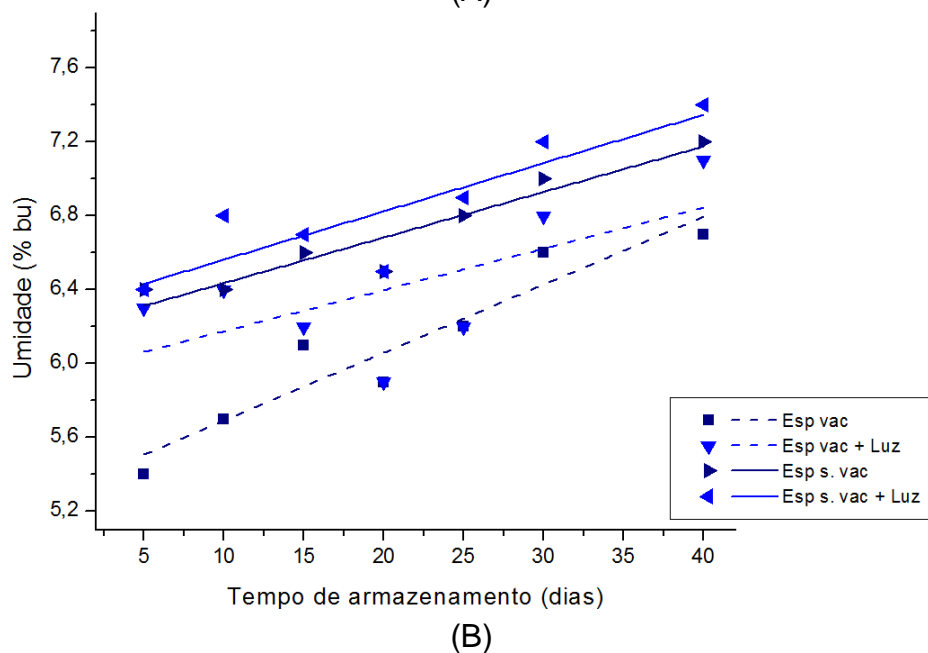
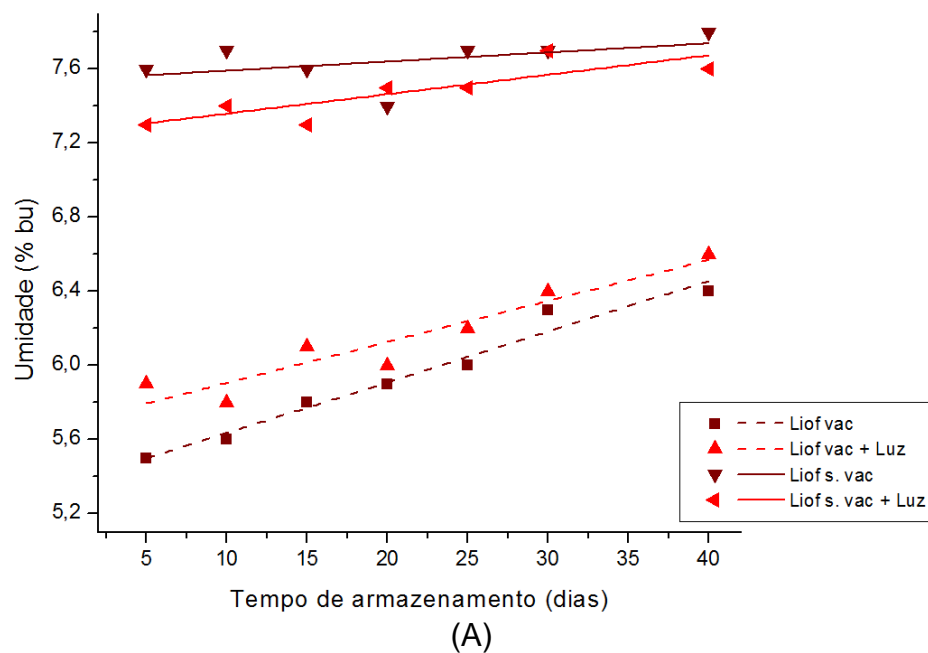


Figura 16. Teor de umidade dos pós de polpa de cupuaçu em função do tempo de armazenamento e do tipo de embalagem: (A) Polpa liofilizada; (B) Polpa desidratada em leite de espuma.

No experimento desenvolvido por Menezes *et al.* (2009), polpa de acerola foi desidratada em estufa de circulação de ar a 70°C por 12 horas e polpa adicionada de 5% de amido foi liofilizada, os pós obtidos foram armazenados em embalagens de polietileno de baixa densidade sob condições ambientes por 180 dias. Os teores de umidade antes e após o armazenamento foram de 11,37 e 12,07% para os pós obtidos em estufa, e de 10,67 e 11,06% para os obtidos por liofilização. As variações

na umidade durante o armazenamento foram pequenas, porém os valores foram maiores do que os encontrados neste trabalho para a polpa de cupuaçu em pó.

Os valores de umidade encontrados por Soares *et al.* (2001) para a polpa de acerola desidratada em leite de espuma antes e após 90 dias de armazenamento foram de 7,24 e 12,30%, respectivamente. Galdino *et al.* (2003) avaliaram a estabilidade de polpa de umbu em pó obtida por desidratação em leite de espuma em estufa com circulação forçada de ar a 70°C. O pó obtido foi acondicionado em embalagens de polietileno e laminada, e em seguida armazenado em local seco e arejado à temperatura ambiente durante um período de 60 dias. Na embalagem laminada a umidade do pó aumentou 14,35% após o período de armazenamento, já na embalagem de polietileno esse aumentou foi de 50,1%.

Para os tratamentos “Liof s. vac”, “Liof s. vac + Luz” e “Esp vac + Luz” a variação na umidade não foi significativa a 1% de probabilidade, sendo as médias iguais a 7,63, 7,48 e 6,78%, respectivamente. Para os demais tratamentos foi ajustada uma equação linear cujos parâmetros estão na Tabela 13, onde observa-se que os coeficientes de inclinação foram positivos para todos os tratamentos, indicando que a umidade dos pós aumentou durante o armazenamento.

Tabela 13. Parâmetros da análise de regressão da umidade em função do tempo de armazenamento dos pós de polpa de cupuaçu, em diferentes embalagens.

Tratamento	Parâmetro	Coefficiente	P	R ²
Liof vac	Intercepto	5,36148		
	Inclinação	0,02738	<0,0001	0,96
Liof vac + Luz	Intercepto	5,68443		
	Inclinação	0,02213	0,00128	0,87
Esp vac	Intercepto	5,32336		
	Inclinação	0,0368	0,00106	0,88
Esp s. vac	Intercepto	6,18893		
	Inclinação	0,02467	<0,0001	0,90
Esp s. vac + Luz	Intercepto	6,30123		
	Inclinação	0,02615	0,0098	0,72

Equação 12: Umidade (%bu) = a + b*T

Onde: a = intercepto, b = inclinação, T= tempo de armazenamento (dias).

6. CONCLUSÕES

A caracterização das espumas de polpa de cupuaçu mostrou que, somente o Emustab® reduz a densidade da polpa a nível satisfatório, sendo essa redução, de cerca de 50%, alcançada com todas as concentrações testadas. Portanto, o Emustab® é adequado para produzir espuma de polpa de cupuaçu para a desidratação em leito de espuma na concentração de 2,5%.

As análises físico-químicas mostraram que os pós de polpa de cupuaçu obtidos em ambos os métodos apresentam boa qualidade nutricional.

A difração de raio-X revelou que os pós produzidos apresentaram arranjo desordenado das moléculas, característico de materiais amorfos. Já a difração a laser mostrou que o diâmetro equivalente médio das partículas dos pós foram semelhantes.

O teste sensorial de aceitação mostrou que o pó obtido por liofilização teve melhor aceitação.

O estudo da estabilidade dos pós durante o armazenamento mostrou que a exposição à luz contribui de forma mais intensa para a degradação da vitamina C do que a presença de ar nas embalagens.

Ocorre aumento da atividade de água e da umidade dos pós durante o armazenamento. Isso indica que a embalagem de polipropileno utilizada não é eficiente para proteger os pós da umidade ambiente sendo inadequada para longos períodos de armazenamento.

Diante dos resultados obtidos pode-se concluir que, a liofilização é o método mais adequado para produzir polpa de cupuaçu em pó, pois, apesar da semelhança nas características físico-químicas, o produto liofilizado foi mais bem aceito que o obtido por desidratação em leito de espuma.

7. SUGESTÕES

Testar concentrações de Emustab® menores que 2,5% para produzir espuma de polpa de cupuaçu para a desidratação em leite de espuma, visando melhorar a aceitação sensorial do produto.

Fazer um estudo mais detalhado da variação do teor de vitamina C da polpa de cupuaçu liofilizada durante 10 dias de armazenamento, utilizando embalagens de diferentes materiais.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, J.L.P. **Tabela de composição de alimentos da Amazônia.** *Acta Amazônica*, v. 26(1/2), p. 121-126, Manaus - AM, 1996.

ANDRADE, W.D.C. **A emergência da agroindústria de processamento de frutas no Nordeste Paraense, Região Metropolitana de Belém e no Marajó: uma análise do potencial da capacidade produtiva e inovativa sob a ótica de Arranjo e Sistema Produtivo e Inovativo Local – ASPL.** Dissertação (Mestrado em Planejamento do Desenvolvimento). UFPA - NAEA, Belém - PA, 213 p. 2004.

ANGEL, J.D.M.; VÁSQUEZ, T.G.P.; JUNKES, J.A.; HOTZA, D. **Caracterização de cinza obtida por combustão de casca de arroz em reator de leite fluidizado.** *Química Nova*, v. 32, n. 5, p. 1110-1114, 2009.

ARAUJO, L.M. **Produção de alimentos funcionais formulados com xilitol a partir de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) e maracujá (*Passiflora edulis f. flavicarpa*).** Tese (Doutorado em Biotecnologia). Universidade Federal do Amazonas, Manaus - AM, 2007.

ARAÚJO, J.L.; QUEIROZ, A.J. de M.; FIGUEIRÊDO, R.M.F. **Massa específica de polpa de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum.) sob diferentes temperaturas.** *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, Campina Grande - PB, v.4, n.2, p.127-134, 2002.

BARBOSA, S.J.; Fonseca, K.S.; NORTE, A.R.; CANO-CHAUCA, M.; STRINGHETA, P.C. **Análises em suco de açaí obtido por co-cristalização.** In: III Fórum Gestão/Pesquisa/Ensino/Extensão, Universidade Estadual de Montes Claros - MG, 2009.

BASTOS, D.S.; SOARES, D.M.B.G.; ARAÚJO, K.G.L.; VERRUMBERNARDI, M. R. **Desidratação da polpa de manga “tommy atkins” utilizando a técnica de foam mat drying - avaliações químicas, físico-químicas e sensoriais.** *Braz. Jour. Food Technol.*, v.8, n.4, p. 283-290, out./dez. 2005.

BOBBIO, P.A.; BOBBIO, F.O. **Química do processamento de alimentos.** 3.ed. São Paulo - SP: Varela, p. 151, 1992.

BOSS, E.A.; **Modelagem e otimização do processo de liofilização: aplicação para leite desnatado e café solúvel**. Tese (Doutorado em Engenharia Química). Faculdade de Engenharia Química, UNICAMP, Campinas - SP, 2004.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) – Ministério da Saúde. **Resolução RDC nº 269, de 22 de setembro de 2005: Aprova o regulamento técnico sobre a ingestão diária recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais**. Diário oficial da união, Brasília - DF, 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Instrução normativa nº 1 de 7 de janeiro de 2000: Regulamento técnico geral para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpa de frutas**. Diário Oficial da União, Brasília - DF, 2000.

CALZAVARA, B.B.G.; MULLER, C.H.; KAHWAGW, O.N.C. **Fruticultura Tropical: o cupuaçuzeiro, cultivo, beneficiamento e utilização do fruto**. EMBRAPA/CPATU. Belém - PA, 1984.

CAMARGO, P.; MORAES, C.; CANTERI, M.H.G.; FRANCISCO, A.C.; MAIA, L. **Avaliação da desidratação da polpa do maracujá azedo pelo método “foam-mat”**. In: VI Semana de Tecnologia em Alimentos. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Ponta Grossa - PR, v. 2, n.14, 2008.

CAPITANI, C. D. **Interação de proteínas do soro de leite com polissacarídeo: fracionamento e estudo das propriedades funcionais dos complexos**. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição). Universidade Estadual de Campinas. Campinas - SP, 2004.

CARENIRO, D.D.; **Desidratação de alimentos por *Foam-Mat Drying***. Seminário: Programa de Pós-Graduação em Ciên. e Tec. de Alimentos. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica - RJ, 2008.

CARVALHO, A.V. **Extração, concentração e caracterização físico-química e funcional das proteínas de semente de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum)**. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos). Universidade Estadual de Campinas. Campinas - SP, 2004.

CHAAR, J. M. **Composição do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) e conservação do seu néctar por meios físicos e químicos**. Dissertação

(Mestrado). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro - RJ, 1980.

CODEVASF – Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba. **Informações sobre citricultura com foco no Projeto Pontal**. Disponível em <<http://www.pontal.org/docs/edafoclimaticas.pdf>>. Acesso em mar. 2011.

COSTA, M.C. **Conservação de polpa de cupuaçu [*Theobroma grandiflorum* (Willd. Ex Spreng.) Schum] por métodos combinados**. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal - SP, v. 25, n. 2, p. 213-215, 2003.

DALRI, E.S. **Avaliação do processo produtivo e da qualidade de polpas de frutas comercializadas em Boa Vista/RR**. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais). Universidade Federal de Roraima. Boa Vista - RR, 2006.

DANTAS, HJ; SILVA, A.S.; LIMA, E.E.; FARIAS, P.A.; ANDRADE, M.A. **Obtenção da polpa de jaca em pó pelo método de secagem em camada de espuma (foam-mat drying)**. In: III Jornada Nacional da Agroindústria. Bananeiras - PB, 2008.

DUAS RODAS. **Emulstab**. Site do fabricante. Disponível em <<http://www.duasrodas.com.br/duasrodas/content/view/full/561>>. Acesso em: mar. 2011.

EVANGELISTA, J. **Tecnologia de alimentos**. 2.ed. São Paulo - SP: Atheneu, 2006.

FELIPE, A.M.P.F. **Estudo da interação produto embalagem em folha-de-flandres aplicada à polpa de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*)**. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica). Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica. Campinas - SP, 2008.

FERREIRA, G.M. **Estudo das propriedades reológicas dos sistemas polpa de cupuaçu – biopolímeros**. Tese (Doutorado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos). Universidade Federal do Rio de Janeiro – URFJ. Rio de Janeiro, 2008.

FIGUEIREDO, R.M.F. **Caracterização físico-química do suco e pó de acerola (*Malpighia punucifolia*, L.)**. (Tese de Doutorado). UNICAMP. Campinas - SP, 1998.

FOLEGATTI, M.I.S.; **Estudo do efeito do uso de diferentes agentes aerantes e gelificantes e do processamento nas características físicas e sensoriais e na estabilidade do produto mousse de maracujá**. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos). UNICAMP, Campinas - SP, 2001.

FRAIFE, G. de A.F. **Cultivo do cupuaçuzeiro para o estado da Bahia**. Disponível em: <<http://www.ceplac.gov.br/radar/cupuaçuzeiro.htm>>. Acesso em: jun. 2010.

FRAIFE, G. de A.F. RAMOS, J.V.C, LEITE, J.B.V. **Avaliação de genótipos de cupuaçuzeiro na região Sudeste da Bahia**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 15., Poços de Caldas - MG. Resumos. Lavras: UFLA-MG, p. 334, 1998.

FREIRE, M.T.A. **Caracterização físico-química, microbiológica e sensorial de polpa de cupuaçu congelada (*Theobroma grandiflorum* Schum)**. Brazilian Journal of Food Technology, v. 12, n. 1, p. 09-16, jan./mar. 2009.

FRUTADO, G.F.; SILVA, F.S.; PORTO, A.G.; SANTOS, P. **Secagem de polpa de ceriguela pelo método de camada de espuma**. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande - PB, v. 12, n. 1, p. 9-14, 2010.

GALDINO, P.O.; QUEIROZ, A.J.M.; FIGUEIREDO, R.M.F; SILVA, R.N.G. **Avaliação da estabilidade da polpa de umbu em pó**. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande - PB, v.5, n.1, p.73-80, 2003.

GOMES, P. M. A.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. **Armazenamento da polpa de acerola em pó a temperatura ambiente**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas - SP, v. 3, n. 24, p. 384-389, 2004.

GURJÃO, K.C.V. **Desenvolvimento, armazenamento e secagem de tamarindo (*Tamarindus indica* L.)**. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal da Paraíba. Areia - PB, 2006.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário**, 2006.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4.ed., 1.ed. digital. Instituto Adolfo Lutz, São Paulo - SP, 2008.

KUDRA, T and RATTI, C. **Foam-mat drying: Energy and cost analyses**. Canadian Biosystems Engineering, v. 48, 2006.

LOPES, J.R.M. & LUZ, E.D.M.N. **Origem e caracterização do cupuaçuzeiro no Sul da Bahia**. Magistra, Cruz das Almas - BA, v. 12, n. 1/2, jan./dez., 2000.

MARQUES, L.G. **Liofilização de frutas tropicais**. Tese (Doutorado em Engenharia Química). Universidade Federal de São Carlos. São Carlos – SP, 2008.

MARQUES, G.M.R. **Secagem de caldo de cana em leite de espuma e avaliação sensorial do produto**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Itapetinga-BA, 2009.

MARTINS, V.B. **Perfil sensorial de suco tropical de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum) com valor calórico reduzido**. Tese (Doutorado em Alimentos e Nutrição). Universidade Estadual de Campinas. Campinas - SP, 2008.

MARCHESE, D.A. **Estudo do processo de obtenção do pó de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum) alcalinizado**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos). Universidade Estadual de Campinas, Campinas - SP, 2002.

MATA, M.E.R.M.C.; MEDEIROS, S.S.A.; DUARTE, M.E.M. **Microencapsulamento do umbu em pó com diferentes formulações de maltodextrina: estudo do tamanho das partículas por microscopia eletrônica**. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande - PB, v. 7, n. 1, p. 59-70, 2005.

MATOS, C.B. **Caracterização física, química, físico-química de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willd. Ex. Spreng.) Schum.) com diferentes formatos**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Estadual de Santa Cruz - UESC. Ilhéus - BA, 2007.

MENEZES, A.R.V.; JÚNIOR, A.S.; CRUZ, H.L.L.; Araujo, D.R.; SAMPAIO, D.D. **Estudo comparativo do pó da acerola verde (*Malpighia emarginata* D.C) obtido em estufa por circulação de ar e por liofilização**. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande - PB, v. 11, n. 1, p. 1-8, 2009.

MELLONI, P. L. S. **Produção de Frutas Desidratadas**, Viçosa - MG: CPT, 2003.

MORGAN, A.I. **Process for dehydrating fruit and vegetable juices**. U.S. Patent 2967109. Jan. 1961.

MEZA, E.O.L. **Produção e caracterização de recobrimentos nanoestruturados biocompatíveis de hidroxiapatita e hidroxiapatita substituída com flúor usando a técnica de rf magnetron sputtering de alvos opostos**. Dissertação (Mestrado em Ciências). Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), Rio de Janeiro - RJ, 2010.

MOREIRA, J.R. **Produção, caracterização e estabilidade de micropartículas de polpa de mamão**. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos). Instituto de Química. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro - RJ, 2011.

MOREIRA, Juliana da Silva de Abreu. **Desidratação de polpa de cupuaçu (*theobroma grandiflorum*) em estufa com circulação de ar forçado**. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Produção Vegetal). Universidade Federal do Acre, Rio Branco - AC, 2009.

OLIVEIRA, A.G. **Caracterização da distribuição do tamanho de gotas em emulsões água e óleo utilizando diferentes técnicas de medição**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal de Itajubá. Itajubá – MG, 2010.

PARK, K.J.; BIN, A.; BROD, F.P.R. **Drying of pear 'd'Anjou' with and without osmotic dehydration**. Journal of Food Engineering, v. 56, p. 97-103, 2002.

PEREDA, J.A.O. **Tecnologia de alimentos**. Porto Alegre - RS: ArtMed, 2005.

PINTO, E.G. **Caracterização da espuma de jenipapo (*Genipa americana* L.) com diferentes aditivos visando à secagem em leite de espuma**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga - BA, 2009.

PONTES, S.F.O. **Processamento e qualidade de banana da terra (*Musa sapientum*) desidratada**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB. Itapetinga - BA, 2009.

RAJKUMAR, P.; Kailappan, R.; Viswanathan R.; Raghavan, G.S.V. **Drying characteristics of foamed alphonso mango pulp in a continuous type foam mat dryer.** Journal of Food Engineering, v. 79, p. 1452–1459, 2007.

SANTOS, A.P. **Extração e caracterização do amido do fruto-do-lobo (*Solanum lycocarpum* St. Hil.) e elaboração de filmes biodegradáveis.** Dissertação (Mestrado em Ciências moleculares). Universidade Estadual de Goiás, Anápolis - GO, 2009.

SETEC - Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica/MEC. **Cartilhas temáticas: Cupuaçu.** Brasília - DF, nov. 2007.

SILVA, R.N.G.; FIGUEIRÊDO, R.M.F.; QUEIROZ, A.J.M.; GALDINO, P.O. **Armazenamento de umbu-cajá em pó.** Ciência Rural, v. 35, n. 5, p. 1179-1184. Santa Maria - RS, 2005.

SILVA, A.E.; SILVA, L.H.M.; PENA, R.S. **Comportamento higroscópico do açaí e cupuaçu em pó.** Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas – SP, v. 28, n. 4, p. 895-901, out./dez. 2008.

SOARES, E.C.; **Caracterização de aditivos para secagem de araçá-boi (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh) em leite de espuma.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Itapetinga - BA, 2009.

SOARES, E.C.; OLIVEIRA, G.S.F.; MAIA, G.A.; MONTEIRO, J.C.S.; SILVA Jr., A.S.; FILHO, M.S. **Desidratação da polpa de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) pelo processo foam-mat.** Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas - SP, v. 21, n. 2, p.164-170, 2001.

TAKETI, C.Y. **Estudo da influência da transição vítrea sobre a instantaneização de maltodextrina por processo de aglomeração úmida.** Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos). Universidade Estadual de Campinas, Campinas - SP, 2007.

TACO – **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos.** NEPA-UNICAMP. Versão II, 2.ed., Campinas - SP, 2006.

TRAVAGLINI, D. A.; NETO, M. P.; BLEINROTH, E. W.; LEITÃO, M. F. F. **Banana-passa: princípios de secagem, conservação e produção industrial.**

ITAL/Rede de Núcleo de Informação Tecnológica. Manual Técnico, v. 12, p. 73, Campinas – SP, 1993.

THUWAPANICHAYANAN, R.; PRACHAYAWARAKORN, S.; SOMCHART, S. **Drying characteristics and quality of banana foam mat.** Journal of Food Engineering, v. 86, p. 573– 583, 2008.

UBOLDI, M. **Desidratação por camada de espuma (“foam-mat”) de suco de tomate.** Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos). Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos. Campinas - SP, 1971.

VALENTE, P.P.S. da S. **Desidratação osmótica e secagem de abacaxi (*Ananás Comosus (L.) Merrill*), variedade pérola.** Dissertação (Engenharia de Alimentos). Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos. Campinas - SP, 2007.

VASCONCELOS, M.M. **Transformações físicas e químicas durante a fermentação de amêndoa do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum).** Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos). Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP. Campinas - SP, 1999.

VENTURIERI, G.A. **Cupuaçu: A espécie, sua cultura, usos e processamento.** Belém: Clube do Cupu, p. 108, 1993.

VIANA, A.D. **Propriedades termofísicas e comportamento reológico da polpa de cupuaçu (*Theobroma Grandiflorum*) em diferentes concentrações e temperaturas.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB. Itapetinga - BA, 2010.

VILALBA, F.A. **Fragmentação mecânica de amêndoas de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) por meio de um beneficiador de cilindros.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP. Campinas - SO, 2003.

VILLACHICA, H. **Frutales y hortalizas promisorios de la Amazônia.** Lima, Peru: Tratado de Coperation Amazonica. FAO. P. 367, 1996.

ZURITZ, C.A. **Estudos sobre a desidratação de suco de uva pelo processo de secagem em camada de espuma (Foam mat drying).** Dissertação

(Mestrado em Tecnologia de Alimentos). Universidade Estadual de Campinas. Campinas - SP, 1976.

WEIJERS M.; SAGIS L.M.C.; VEERMAN C.; SPERBER B.; VAN DER LINDEN E. **Rheology and structure of ovalbumin gels at low pH and low ionic strength**. Food Hydrocolloids. n. 16, v. 3, p. 269-276, 2002.